

**UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

**CONTRIBUIÇÃO PARA O TRATAMENTO E GESTÃO DAS  
LAMAS EM EXCESSO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO  
DE ÁGUAS RESIDUAIS – CASO DE ESTUDO DE  
OPTIMIZAÇÃO PARA 4 ETAR DO CONCELHO DE ELVAS**

Frederico Jorge Telo Rasquilha

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, *perfil Engenharia Sanitária*

Orientador: Prof.<sup>ª</sup> Doutora Leonor Miranda Monteiro do Amaral

Lisboa, 2010



## **AGRADECIMENTOS**

À Professora Doutora Leonor Amaral por ter aceite orientar esta Dissertação de Mestrado e pelas discussões e ajuda na elaboração desta dissertação.

Às Águas do Norte Alentejano por me ter dado a oportunidade de efectuar um estudo para esta entidade, bem como por todo o conhecimento transmitido e pelas condições que me disponibilizou.

Ao Engenheiro Joaquim Lizardo, pela disponibilização imediata de um caso de estudo que pudesse aplicar na minha dissertação.

Ao Engenheiro Vasco Grossinho por todo o apoio em termos de fornecimento de informação e experiencia de campo que me transmitiu.

Gostaria também de agradecer de um modo geral a todos os meus amigos e colegas pelo apoio e incentivo ao longo da minha vida académica, especialmente nesta fase final.

O maior agradecimento de todos tem de ser aos meus pais, por todo o apoio, não só no decorrer da minha vida académica mas também por toda a educação e formação que me deram, que hoje em dia me permitem estar a finalizar o curso.



## **SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

CBO<sub>5</sub> - Carência Bioquímica de Oxigénio

CQO - Carência Química de Oxigénio

OD - Oxigénio dissolvido

ETAR - Estação de Tratamento de Águas Residuais

F/M - Factor de carga mássica

f<sub>v</sub> - Factor de carga volúmica

MLVSS - Sólidos Suspensos Voláteis no Licor Misto

MLSS - Sólidos Suspensos Totais no Licor Misto

SST - Sólidos Suspensos Totais

SSV - Sólidos Suspensos Voláteis

SVI - Índice de volume de lamas

IL - Idade de Lamas

TRH - tempo de retenção hidráulico

Ch - carga hidráulica

Corg - Carga orgânica

Q - Caudal

Q<sub>Lexc</sub> - Caudal de lamas em excesso

MS - Matéria Seca

VLE - Valor Limite de Emissão

ARU - Água Residual Urbana

PCB - policlorobifenilo

PAH - hidrocarbonetos aromáticos policíclicos



## RESUMO

Devido ao crescimento da população, e consequente aumento da quantidade de águas residuais produzidas, é expectável que as quantidades de lamas produzidas nas ETAR (Estações de Tratamento de Águas Residuais) sofram também elas um aumento significativo. A estas lamas é necessário dar um destino final adequado. No entanto as exigências em termos de qualidade das lamas vão ser cada vez mais restritivas.

Ao longo desta dissertação serão apresentados os conceitos em termos de águas residuais e lamas residuais, os métodos mais usuais de tratamento da fase sólida nas ETAR, com o objectivo de reduzir ao máximo o seu teor de humidade reduzindo de modo significativo e sustentável o custo total operacional de tratamento de efluentes e oferecendo uma solução final e ambientalmente valorizadora para a problemática das lamas residuais.

Também será apresentado um estudo efectuado de modo a reduzir o volume de lamas produzidas em 4 ETAR pertencentes às Águas do Norte Alentejano. Para tal estudou-se a possibilidade da ETAR de Elvas, uma dessas 4 estações, funcionar como unidade centralizadora de lamas, bem como a viabilidade de implementação de uma estufa de secagem de lamas na mesma estação.

## **ABSTRACT**

Due to population growth and consequent increase in the amount of wastewater generated, it is expected that the quantities of sludge produced in the WWTP (Wastewater Treatment Plants) also suffer a significant increase. It is also necessary to give it an appropriate final destination. However the requirements in terms of quality of sludge will be increasingly restrictive.

Throughout this dissertation the concepts in terms of wastewater and sludge, the most common methods of treatment of solid phase in plant will be presented, in order to minimize the moisture content reducing significantly the total cost of sustainable operating wastewater treatment and offering a final and environmentally positive solution for the problem of sludge disposal.

Also featured will be a study in order to reduce the volume of sludge produced in 4 plant belonging to the Águas do Norte Alentejano. To reach this goal we have studied the possibility of Elvas plant, one of the four stations, functioning as a centralizer of sludge, and the implementing a drying greenhouse of sludge in the same station.



# ÍNDICE

I	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	<i>Enquadramento histórico</i> .....	3
1.2	<i>Legislação sobre tratamento de águas residuais e gestão de lamas</i> .....	4
1.3	<i>Objectivo</i> .....	6
1.4	<i>Metodologia e estrutura da dissertação</i> .....	7
2	CARACTERIZAÇÃO DO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS .	9
2.1	<i>Evolução em Portugal</i> .....	10
2.2	<i>Caracterização das águas residuais</i> .....	11
2.3	<i>Tratamento de águas residuais</i> .....	15
3	LAMAS RESIDUAIS .....	21
3.1	<i>Definição de lamas residuais</i> .....	21
3.2	<i>Características das lamas</i> .....	21
3.3	<i>Composição das lamas</i> .....	23
3.3.1	<i>Matéria orgânica</i> .....	25
3.3.2	<i>Fósforo e Azoto</i> .....	25
3.3.3	<i>Metais Pesados</i> .....	26
3.3.4	<i>Poluentes Orgânicos</i> .....	27
3.3.5	<i>Microrganismos patogénicos</i> .....	28
4	PRINCIPAIS PROCESSOS DE TRATAMENTO DE LAMAS .....	29
4.1	<i>Espessamento</i> .....	31
4.1.1	<i>Espessamento Gravítico</i> .....	32
4.1.2	<i>Flotação por ar dissolvido</i> .....	33
4.1.3	<i>Centrifugação</i> .....	34
4.1.4	<i>Mesas de Espessamento</i> .....	35
4.1.5	<i>Tambor Rotativo</i> .....	35
4.2	<i>Estabilização de Lamas</i> .....	38
4.2.1	<i>Estabilização alcalina</i> .....	38
4.2.2	<i>Compostagem</i> .....	39
4.2.3	<i>Digestão anaeróbia</i> .....	39
4.2.4	<i>Digestão aeróbia</i> .....	41
4.3	<i>Condicionamento</i> .....	42
4.3.1	<i>Condicionamento por adição de químicos inorgânicos</i> .....	43
4.3.2	<i>Condicionamento por adição de químicos orgânicos</i> .....	43

4.3.3	Condicionamento térmico .....	44
4.4	<i>Desidratação</i> .....	45
4.4.1	Leitos de secagem .....	46
4.4.2	Lagoas de secagem .....	50
4.4.3	Centrifuga .....	51
4.4.4	Filtros Banda .....	52
4.4.5	Filtro prensa .....	52
4.5	<i>Secagem térmica</i> .....	55
5	DESTINO FINAL DAS LAMAS DE ETAR .....	57
5.1	<i>Espalhamento</i> .....	57
5.2	<i>Incineração</i> .....	58
5.3	<i>Aterro</i> .....	58
6	CASO DE ESTUDO .....	59
6.1	<i>Caracterização da ETAR de Elvas</i> .....	59
6.1.1	Localização da ETAR .....	59
6.1.2	Descrição geral da ETAR existente .....	59
6.1.3	Dados base .....	63
6.2	<i>Caracterização da ETAR de Vila Boim</i> .....	63
6.2.1	Localização da ETAR .....	63
6.2.2	Descrição geral da ETAR existente .....	64
6.2.3	Dados base .....	67
6.3	<i>Caracterização da ETAR da Terrugem</i> .....	67
6.3.1	Localização da ETAR .....	67
6.3.2	Descrição geral da ETAR existente .....	68
6.3.3	Dados base .....	71
6.4	<i>Caracterização da ETAR de Arronches</i> .....	71
6.4.1	Localização da ETAR .....	71
6.4.2	Descrição geral da ETAR existente .....	72
6.4.3	Dados base .....	75
6.5	Caracterização da Estufa de Secagem de Lamas .....	75
6.6	<i>Análise ao sistema de tratamento da fase sólida da ETAR de Elvas</i> .....	78
6.6.1	Digestão anaeróbia a frio .....	78
6.6.2	Desidratação .....	83
6.7	<i>Cenários para o tratamento da fase sólida das ETAR do Concelho de Elvas</i> .....	91

6.7.1	Cenário I – Desidratação em Elvas por centrífuga e encaminhadas a destino final.....	94
6.7.2	Cenário II – Desidratação em Elvas por centrífuga seguida de estufa de secagem e encaminhadas a destino final.....	97
6.7.3	Cenário III – Desidratação em Elvas por centrífuga e nas outras ETAR através dos leitos de secagem.....	98
6.7.4	Cenário IV – Desidratação em Elvas por centrífuga e nas outras ETAR por leitos de secagem e UDL, e encaminhamento das lamas a destino final.....	104
6.7.5	Cenário V – Desidratação em Elvas por centrífuga e nas outras ETAR por leitos de secagem e UDL com encaminhamento das lamas desidratadas para estufa de secagem de lamas e enviadas a destino final.....	111
6.7.6	Cenário VI – Desidratação em Elvas por centrífuga e nas outras ETAR só por UDL e encaminhadas a destino final.....	115
6.7.7	Cenário VII - Desidratação em Elvas por centrífuga e nas outras ETAR só por UDL sendo encaminhadas para estufa de secagem e enviadas para destino final	120
6.7.8	Cenário VIII – Elvas a funcionar como unidade centralizadora de lamas, sem que as outras ETAR enviem lamas para os leitos de secagem, e enviadas a destino final.....	124
6.7.9	Cenário IX - Elvas a funcionar como unidade centralizadora de lamas, sem que as outras ETAR enviem lamas para os leitos de secagem, sendo encaminhadas para estufa de secagem e envio a destino final.....	128
6.7.10	Cenário X - Elvas a funcionar como unidade centralizadora de lamas, tendo em conta a quantidade de lama enviada para leitos de secagem nas outras ETAR, e enviadas para destino final .....	129
6.7.11	Cenário XI - Elvas a funcionar como unidade centralizadora de lamas tendo em conta a quantidade de lama enviada para leitos de secagem nas outras ETAR e com envio de lamas para estufa de secagem e encaminhadas a destino final .....	136
6.8	<i>Discussão dos Resultados Obtidos</i> .....	138
7	<b>CONCLUSÕES E PRESPECTIVAS FUTURAS</b> .....	147
8	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	151
	<b>ANEXO I – Parâmetros de afluência</b> .....	154
	<b>ANEXO II – Características do efluente</b> .....	161
	<b>ANEXO III – Parâmetros nas operações unitárias</b> .....	164
	<b>ANEXO IV – Parâmetros no decantador secundário</b> .....	170
	<b>ANEXO V – Parâmetros na digestão</b> .....	174
	<b>ANEXO VI - Parâmetros na desidratação</b> .....	176
	<b>ANEXO VII – Parâmetros dos indicadores de eficiência</b> .....	179



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 – Esquema de tratamento de uma ETAR	20
Figura 6-1 – Diagrama linear da ETAR de Elvas.....	62
Figura 6-2 – Diagrama linear da ETAR de Vila BoimElvas.....	66
Figura 6-3 – Diagrama linear da ETAR da Terrugem .....	70
Figura 6-4 – Diagrama linear da ETAR de Arronches .....	73
Figura 6-5 – Visão geral do sistema de uma estufa de secagem de lamas (Adaptado de HANS HUBER AG).....	75
Figura 6-6 - Duas unidades de estufa para secagem solar pelo sistema da Wendewolf, IST, com um tambor horizontal rotativo com raspadores de lamas com o total de 1.632 m2 (Adaptado de HANS HUBER AG).....	76
Figura 6-7- Interior de uma unidade de estufa para secagem solar de lamas (Adaptado de HANS HUBER AG).....	77
Figura 6-8– Evolução do caudal de lamas em excesso ao longo da exploração da estação.....	78
Figura 6-9 – Evolução da carga de sólidos afluentes ao digestor ao longo da exploração da estação.....	79
Figura 6-10 - Evolução do tempo de retenção das lamas no digestor anaeróbio a frio ao longo da exploração da estação .....	80
Figura 6-11 - Evolução da concentração da lama digerida ao longo da exploração da estação	81
Figura 6-12 – Evolução do caudal de lama para desidratação ao longo da exploração da estação.....	83
Figura 6-13 – Evolução da carga de sólidos afluentes à desidratação ao longo da exploração da estação.....	84
Figura 6-14 – Evolução da quantidade de lama desidratada e da quantidade de matéria seca obtida ao longo da exploração da estação.....	85
Figura 6-15 - Evolução da concentração da lama desidratada ao longo da exploração da estação	86

Figura 6-16 – Evolução da quantidade de polielectrolito gasto na desidratação das lamas e da quantidade de lama enviada para desidratação ao longo da exploração da estação..... 87

Figura 6-17 – Evolução da quantidade de Cal Viva utilizada na higienização das lamas e evolução do volume de lamas desidratadas ao longo da exploração da estação. 89

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-1 - Características qualitativas de uma água residual urbana	16
Tabela 2-2 – Tipos de agentes poluentes numa ARU e as suas implicações para o meio .....	14
Tabela 2-3 – Descrição dos diversos níveis de tratamento que compõem uma ETAR .....	17
Tabela 3-1 – Características físicas das lamas produzidas nas ETAR .....	23
Tabela 3-2 – Características qualitativas dos diversos tipos de lamas produzidas nas ETAR .....	24
Tabela 3-3 – Concentração média de metais pesados em 7 Estados Membros e os seus Valores Limite .....	27
Tabela 4-1 - Operações unitárias e os seus métodos de tratamento de lamas.....	30
Tabela 4-2 – Vantagens e desvantagens de cada tipo de espessador e as lamas a que se aplicam .....	36
Tabela 4-3 – Vantagens e desvantagens dos diversos tipos de condicionamento de lamas.....	45
Tabela 4-4 – Vantagens e desvantagens dos métodos tradicionais de desidratação e o seu grau de desidratação .....	54
Tabela 6-1 - Dados base de dimensionamento da ETAR.....	63
Tabela 6-2 – Dados base de dimensionamento da ETAR.....	67
Tabela 6-3 – Dados base de dimensionamento da ETAR.....	71
Tabela 6-4 – Dados base de dimensionamento da ETAR.....	75
Tabela 6-5 - Características gerais da estufa de secagem de lamas a instalar em Elvas	76
Tabela 6-6 - Caudal de lamas em excesso de dimensionamento e caudais de lamas em excesso ao longo da exploração da estação	78
Tabela 6-7 - Carga de sólidos afluentes ao digestor de dimensionamento e cargas de sólidos afluentes ao digestor ao longo da exploração da estação	79
Tabela 6-8 - Tempo de retenção no digestor anaeróbio de dimensionamento e tempos de retenção no digestor anaeróbio ao longo da exploração da estação .....	82

Tabela 6-9 – Concentração de lama digerida de dimensionamento e concentrações de lama digerida ao longo da exploração da estação .....	83
Tabela 6-10 - Caudal de lama para desidratação de dimensionamento e caudais para desidratação ao longo da exploração da estação .....	83
Tabela 6-11 - Carga de Sólidos afluentes à desidratação de dimensionamento e cargas de sólidos afluentes à desidratação ao longo da exploração da estação .....	84
Tabela 6-12 - Quantidade de lama desidratada e matéria seca de dimensionamento e quantidades de lamas desidratadas e quantidade de matéria seca obtida ao longo da exploração da estação .....	85
Tabela 6-13 - Concentração de lama desidratada de dimensionamento e concentrações de lama desidratada ao longo da exploração da estação .....	86
Tabela 6-14 - Quantidade de polielectrolito utilizado na desidratação e volume de lama para desidratação de dimensionamento e quantidades de polielectrolito que se tem gasto na desidratação e volume de lama enviada para a desidratação ao longo da exploração da estação .....	88
Tabela 6-15 - Quantidade de Cal Viva utilizada na higienização de lamas e volume de lamas desidratadas de dimensionamento bem como as quantidades de Cal Viva utilizada na higienização das lamas ao longo da exploração da estação e o volume de lamas desidratadas ao longo da exploração da estação .....	89
Tabela 6-16 – Parâmetros utilizados no cálculo do balanço de massas referente ao processo de digestão .....	92
Tabela 6-17– Parâmetros utilizados no cálculo do balanço de massas referente ao processo de desidratação por centrífuga .....	92
Tabela 6-18 - Parâmetros utilizados no cálculo do balanço de massas referente ao processo de desidratação por filtro banda .....	93
Tabela 6-19 - Parâmetros utilizados no cálculo do balanço de massas referente ao processo de desidratação através de uma estufa de secagem .....	93
Tabela 6-20 – Custo dos reagentes utilizados na desidratação de lamas.....	93
Tabela 6-21 – Custos associados ao funcionamento da centrífuga .....	93



Tabela 6-22 – Custos associados ao funcionamento do filtro banda .....	93
Tabela 6-23 – Parâmetros utilizados no custo de transporte de lamas pelo caminhão limpa-fossas .....	94
Tabela 6-24 – Custos associados ao transporte de lama a destino final .....	94
Tabela 6-25 – Características do digestor anaeróbio a frio da estação de Elvas .....	95
Tabela 6-26 – Características do processo de desidratação por centrífuga na estação de Elvas .....	95
Tabela 6-27 – Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas, custos associados ao tratamento da fase sólida.....	95
Tabela 6-28 – Características do processo de desidratação na estufa de secagem de lamas na estação de Elvas.....	97
Tabela 6-29 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas, custos associados ao tratamento da fase sólida.....	97
Tabela 6-30 - Características do digestor anaeróbio a frio da estação de Elvas.....	98
Tabela 6-31 - Características do processo de desidratação por centrífuga na estação de Elvas .....	97
Tabela 6-32 - Características do espessador gravítico da estação de Vila Boim .....	98
Tabela 6-33 - Características dos leitos de secagem da estação de Vila Boim .....	98
Tabela 6-34 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação de Vila Boim.....	98
Tabela 6-35 - Características do espessador gravítico da estação da Terrugem .....	99
Tabela 6-36 - Características dos leitos de secagem da estação da Terrugem.....	99
Tabela 6-37 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação da Terrugem .....	99
Tabela 6-38 - Características do digestor Imhoff da estação de Arronches .....	100
Tabela 6-39 - Características dos leitos de secagem da estação de Arronches .....	101

Tabela 6-40 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação de Arronches.....	101
Tabela 6-41 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas, custos associados ao tratamento da fase sólida .....	101
Tabela 6-42 - Quantidade de lama desidratada na estação de Vila Boim, custos associados ao tratamento da fase sólida .....	1021
Tabela 6-43 - Quantidade de lama desidratada na estação da Terrugem, custos associados ao tratamento da fase sólida .....	102
Tabela 6-44 - Quantidade de lama desidratada na estação de Arronches, custos associados ao tratamento da fase sólida .....	102
Tabela 6-45 – Quantidade de lama desidratada nas 4 estações, e custos associados ao tratamento das fases sólidas de cada estação .....	103
Tabela 6-46 - Características do digestor anaeróbio a frio da estação de Elvas.....	104
Tabela 6-47- Características do processo de desidratação por centrífuga na estação de Elvas	104
Tabela 8-48 - Características do espessador gravítico da estação de Vila Boim .....	104
Tabela 6-49 - Características dos leitos de secagem da estação de Vila Boim .....	105
Tabela 6-50 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação de Vila Boim.....	105
Tabela 6-51 - Características do espessador gravítico da estação da Terrugem .....	105
Tabela 6-52- Características do processo de desidratação por filtro banda na estação da Terrugem .....	106
Tabela 6-53 - Características dos leitos de secagem da estação da Terrugem.....	107
Tabela 6-54 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação da Terrugem .....	107
Tabela 6-55 - Características do digestor Imhoff da estação de Arronches .....	107
Tabela 6-56 - Características do processo de desidratação por filtro banda na estação de Arronches.....	108

Tabela 6-57 - Características dos leitos de secagem da estação de Arronches .....	108
Tabela 6-58 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação de Arronches.....	108
Tabela 6-59 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas, custos associados ao tratamento da fase sólida.....	109
Tabela 6-60 - Quantidade de lama desidratada na estação de Vila Boim, custos associados ao tratamento da fase sólida .....	109
Tabela 6-61 - Quantidade de lama desidratada na estação da Terrugem, custos associados ao tratamento da fase sólida .....	109
Tabela 6-62 - Quantidade de lama desidratada na estação de Arronches, custos associados ao tratamento da fase sólida .....	109
Tabela 6-63 – Quantidade de lama desidratada nas 4 estações, e custos associados ao tratamento das fases sólidas de cada estação .....	110
Tabela 6-64 – Características do transporte de lamas desidratadas da estação da Terrugem para a estação de Elvas.....	112
Tabela 6-65 - Características do transporte de lamas desidratadas da estação de Arronches para a estação de Elvas.....	112
Tabela 6-66 - Características da desidratação de lamas na estufa de secagem instalada na ETAR de Elvas.....	113
Tabela 6-67 – Quantidade de lama desidratada por centrífuga na estação de Elvas e o custo associado ao processo .....	113
Tabela 6-68 - Quantidade de lama desidratada na estação de Vila Boim e o custo associado ao processo.....	113
Tabela 6-69 - Quantidade de lama desidratada na estação da Terrugem e o custo associado ao processo.....	113
Tabela 6-70 - Quantidade de lama desidratada na estação de Arronches e o custo associado ao processo.....	114

Tabela 6-71 - Quantidade de lama desidratada nas 4 estações, e custos associados ao tratamento das fases sólidas de cada estação .....	114
Tabela 6-72 - Características do digestor anaeróbio a frio da estação de Elvas .....	115
Tabela 6-73 – Características do processo de desidratação por centrífuga na estação de Elvas .....	115
Tabela 6-74 – Características do espessador gravítico da estação de Vila Boim .....	116
Tabela 6-75- Características do processo de desidratação por filtro banda na estação de Vila Boim .....	116
Tabela 6-76 - Características do espessador gravitico da Terrugem .....	116
Tabela 6-77- Características do processo de desidratação por filtro banda na estação da Terrugem .....	117
Tabela 6-78 - Características do digestor Imhoff da estação de Arronches .....	118
Tabela 6-79 - Características do processo de desidratação por filtro banda na estação de Arronches.....	118
Tabela 6-80 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas, custos associados ao tratamento da fase sólida.....	115
Tabela 6-81 - Quantidade de lama desidratada na estação de Vila Boim, custos associados ao tratamento da fase sólida.....	119
Tabela 6-82 - Quantidade de lama desidratada na estação da Terrugem, custos associados ao tratamento da fase sólida.....	119
Tabela 6-83 - Quantidade de lama desidratada na estação de Arronches custos associados ao tratamento da fase sólida.....	119
Tabela 6-84 - Quantidade de lama desidratada nas 4 estações e custos associados ao tratamento da fase sólida.....	119
Tabela 6-85 - Características do transporte das lamas desidratadas da estação de Vila Boim para a estação de Elvas.....	120

Tabela 6-86 - Características do transporte das lamas desidratadas da estação da Terrugem para a estação de Elvas.....	121
Tabela 6-87 - Características do transporte das lamas desidratadas da estação de Arronches para a estação de Elvas.....	121
Tabela 6-88 - Características da desidratação de lamas na estufa de secagem instalada na ETAR de Elvas	121
Tabela 6-89 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas e o custo associado ao processo.....	122
Tabela 6-90 - Quantidade de lama desidratada na estação de Vila Boim e o custo associado ao processo.....	122
Tabela 6-91- Quantidade de lama desidratada na estação da Terrugem e o custo associado ao processo.....	122
Tabela 6-92 - Quantidade de lama desidratada na estação de Arronches e o custo associado ao processo.....	123
Tabela 6-93 - Quantidade de lama desidratada nas 4 estações, e custos associados ao tratamento das fases sólidas de cada estação .....	123
Tabela 6-94 - Características do espessador gravítico da estação de Vila Boim.....	124
Tabela 6-95 - Características do transporte das lamas espessadas da estação de Vila Boim para a estação de Elvas.....	124
Tabela 6-96 - Características do espessador gravítico da estação da Terrugem	124
Tabela 6-97 - Características do transporte das lamas espessadas da estação da Terrugem para a estação de Elvas.....	125
Tabela 6-98 - Características do digestor Imhoff da estação de Arronches .....	126
Tabela 6-99 - Características do transporte das lamas espessadas da estação de Arronches para a estação de Elvas.....	126
Tabela 6-100 - Características do digestor anaeróbio a frio da estação de Elvas.....	127

Tabela 6-101 - Características do processo de desidratação por centrifuga na estação de Elvas .....	127
Tabela 6-102 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas, custos associados ao tratamento da fase sólida.....	127
Tabela 6-103 - Características da desidratação de lamas na estufa de secagem instalada na ETAR de Elvas .....	127
Tabela 6-104 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas, custos associados ao tratamento da fase sólida.....	128
Tabela 6-105 - Características do espessador gravítico da estação de Vila Boim .....	128
Tabela 6-106 - Características dos leitos de secagem da estação de Vila Boim .....	129
Tabela 6-107 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação de Vila Boim .....	130
Tabela 6-108 - Características do espessador gravítico da estação da Terrugem .....	130
Tabela 6-109 - Características do transporte das lamas espessadas da estação da Terrugem para a estação de Elvas.....	131
Tabela 6-110 - Características dos leitos de secagem da estação da Terrugem.....	131
Tabela 6-111 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação da Terrugem .....	131
Tabela 6-112 - Características do digestor Imhoff da estação de Arronches .....	132
Tabela 6-113 - Características do transporte das lamas digeridas da estação de Arronches para a estação de Elvas.....	132
Tabela 6-114 - Características dos leitos de secagem da estação de Arronches .....	132
Tabela 6-115 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação de Arronches .....	132
Tabela 6-116 - Características do digestor anaeróbio a frio da estação de Elvas.....	133
Tabela 6-117- Características do processo de desidratação por centrifuga na estação de Elvas .....	134

Tabela 6-118 - Quantidade de lama desidratada na estação de Vila Boim e o custo associado ao processo.....	134
Tabela 6-119 - Quantidade de lama desidratada na estação da Terrugem e o custo associado ao processo .....	134
Tabela 6-120 - Quantidade de lama desidratada na estação de Arronches e o custo associado ao processo .....	135
Tabela 6-121 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas e os custos associados ao processo e transporte de lamas .....	135
Tabela 6-122 - Características da desidratação de lamas na estufa de secagem instalada na ETAR de Elvas.....	136
Tabela 6-123- Quantidade de lama desidratada na estação de Vila Boim e o custo associado ao processo.....	136
Tabela 6-124 - Quantidade de lama desidratada na estação da Terrugem e o custo associado ao processo .....	137
Tabela 6-125 - Quantidade de lama desidratada na estação de Arronches e o custo associado ao processo .....	137
Tabela 6-126 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas e os custos associados ao processo e transporte de lamas .....	137
Tabela 6-127 - Quantidades de lamas produzidas e custos associados ao tratamento e encaminhamento de lamas nas 4 ETAR do Concelho de Elvas .....	139
Tabela 6-128 - Tabela resumo para as hipóteses de tratamento da fase sólida das 4 estações com as suas produções anuais de lamas, custos anuais e custos para o horizonte projecto .....	139





# I INTRODUÇÃO

A água é fundamental para o planeta. A sua existência permitiu que pudessem surgir as primeiras formas de vida e a partir destas que se formassem as formas terrestres. Sem água a sobrevivência destes organismos seria impossível.

A qualidade da água tem uma importância extrema para o ambiente e para as populações, pois para além de permitir a manutenção dos ecossistemas, é fundamental para as necessidades básicas humanas e para o desenvolvimento das suas actividades. Cerca de 75% da superfície terrestre é ocupada por água, mas apenas 3% da água do mundo é doce. A que se encontra nos mares e oceanos representa os restantes 97%. Os 3% respectivos à água doce encontram-se divididos em calotes polares (2%) e águas de rios, lagos, cursos de água e subsolo (1%) (CONFRAGI). Embora se saiba que os recursos hídricos não são infinitos, as sociedades continuam a esquecer tal facto.

Com o grande crescimento populacional que se tem registado ao longo dos anos, aumentou também o consumo de águas e a sua consequente descarga. Por este motivo as estações de tratamento de águas residuais que trabalham os efluentes urbanos tornaram-se cada vez mais uma prática comum, encaminhando os efluentes para as linhas de água naturais sem que lhe causem efeitos nefastos ou aumentem a poluição hídrica.

No entanto com o aumento do tratamento de águas residuais, aumentou também a produção das lamas, com características qualitativas e quantitativas que dependem das infra-estruturas que as produzem e às quais importa dar um destino adequado. Mas qual é a maneira mais económica de encaminhar as lamas a um destino adequado?

A gestão das lamas produzidas nas ETAR tem vindo a agravar-se nos últimos anos, dado o aumento significativo destas, o que fez com que se tornasse num tema de extrema importância em toda a União Europeia e se apresentasse como um grande desafio para o desenvolvimento de novas tecnologias que visam o seu tratamento. As lamas obtidas através dos métodos tradicionais de tratamentos de águas residuais contêm um elevado teor de humidade, sendo

que o seu encaminhamento posterior a destino final acarreta grande parte dos custos associados ao funcionamento das estações (SPELLMAN, 2000). As práticas de gestão e tratamento das lamas desenvolvidas nas últimas décadas envolvem uma filosofia que passa, naturalmente, pela minimização dos custos de deposição final, através da utilização de processos que visem a redução ao máximo do volume de lamas produzidas.

Hoje em dia, o nível de tratamento a dar a estas lamas é cada vez mais exigente, pois cada vez existem mais limitações, impostas por leis europeias e nacionais, para o seu destino final. As opções geralmente utilizadas para o destino final das lamas são a sua aplicação na agricultura, a sua incineração e a sua deposição em aterros (SOUSA, 2005).

A sua aplicação em solos agrícolas, é a opção privilegiada por toda a União Europeia, especialmente em Portugal dado os solos serem pobres em termos de matéria orgânica, constituindo desta forma uma medida ambientalmente sustentável. Contudo, esta prática será cada vez menor no futuro, pois para além do seu poder fertilizante e correctivo, algumas dessas lamas contêm elementos como metais pesados, micro poluentes orgânicos e organismos patogénicos (SOUSA, 2005).

Quanto à deposição de lamas em aterro, esta é uma prática que se encontra condenada em quase toda a Europa, sendo Portugal um desses Países, pois cada vez existem mais limites legislativos quanto à descarga de materiais, recicláveis ou valorizáveis por estas vias, nomeadamente as lamas de estações de tratamento de águas residuais (SOUSA, 2005).

Por último a incineração acaba por não ser uma opção ambientalmente sustentável, pois através do seu tratamento térmico, combustão, ocorre a libertação de gases poluentes para a atmosfera bem como a produção de um subproduto, as cinzas, às quais se tem de dar um destino final adequado. No entanto apesar de todos estes inconvenientes esta acaba por ser a solução para as lamas que não cumprem para com os valores-limite na sua aplicação em solos agrícolas (SOUSA, 2005).

De modo a optimizar a gestão de lamas, dever-se-ão definir soluções de tratamento que melhorem a qualidade final das lamas, potenciando as características benéficas das lamas, que

permitam uma significativa diminuição das suas quantidades, através de processos que visem a sua redução de volume, e que permitam salvaguardar a saúde pública e o ambiente.

## ***1.1 Enquadramento histórico***

O destino final a dar às lamas residuais nem sempre foi o mais correcto, devido ao desconhecimento das características destas e dos potenciais perigos que poderiam representar para o ambiente, solo ou água (SOUSA, 2005).

Em 1972 realizaram-se duas convenções, a de Oslo e a de Londres, cujo principal objectivo era prevenir a poluição marinha proveniente da descarga de águas residuais sem tratamento. Segundo esta declaração, a descarga das lamas no mar era permitida desde que as percentagens de substâncias tóxicas fossem inferiores aos padrões estabelecidos e que se obtivesse a necessária licença dos órgãos competentes de cada país (MALTA, 2001).

A grande diferença entre estas duas convenções tem a ver com os mares que engloba. Enquanto a convenção de Oslo dizia respeito ao Mar do Norte e Atlântico Nordeste e foi assinada pelos 13 países banhados por estas águas (Grã-Bretanha, Bélgica, Dinamarca, França, Alemanha, Irlanda, Holanda, Finlândia, Noruega, Espanha e Suécia). Já no que toca à convenção de Londres, esta dizia respeito a todos os mares e oceanos e foi ratificada por 60 países (SOUSA, 2005).

Em 1974 realizou-se a convenção de Paris, no entanto esta já englobava a poluição marítima por fontes terrestres, nomeadamente através de canalizações submarinas. Para além da Comunidade Europeia, esta convenção foi assinada por outros 14 países europeus que são banhados pelo Atlântico Nordeste, e que na altura ainda não faziam parte da Comunidade (SOUSA, 2005).

Ao longo desta década o destino final, para as lamas residuais, era basicamente os solos agrícolas, de modo a enriquecer as suas características físicas e químicas. No entanto, com o desenvolvimento adquirido e estudos efectuados, tomou-se consciência de que nem todas as

lamas poderiam ser utilizadas na agricultura, pois algumas contêm organismos patogénicos e metais pesados, que promovem a poluição de solo e águas (SOUSA, 2005).

Segundo Sousa (2005) "em 1986, o Conselho das Comunidades Europeia, adoptou a Directiva Comunitária nº 86/278/CEE, do Conselho, de 12 de Junho, que tem como principal objectivo regulamentar a utilização das lamas de depuração na agricultura, sem prejuízo para os solos, vegetação, animais e homem, encorajando ao mesmo tempo a sua correcta utilização".

Para efeitos da presente directiva, entende-se por lamas, as lamas residuais provenientes de estações de depuração que tratam águas residuais ou similares, as lamas residuais de fossas sépticas ou de instalações similares e as lamas residuais provenientes de estações de depuração diferentes das referidas anteriormente. Por lamas tratadas entende-se as lamas tratadas por via biológica, química ou térmica, por armazenagem a longo prazo ou por qualquer outro método adequado, de modo a reduzir, significativamente, o seu poder de fermentação e os inconvenientes sanitários da sua utilização. Utilização é a disseminação das lamas sobre o solo ou qualquer outra aplicação das lamas sobre e no solo.

## ***1.2 Legislação sobre tratamento de águas residuais e gestão de lamas***

Urge fazer um pequeno apanhado sobre as legislações em vigor, a nível comunitário e nacional, e do respectivo conteúdo ao nível da qualidade das águas, descargas de águas residuais, produção de lamas, processos de tratamento e destino final.

O Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de Junho, revogado pelo Decreto-lei n.º 149/2004 de 22 de Junho, transpôs para o direito interno a Directiva n.º 91/271/ CEE do Conselho, de 21 de Maio, respeitante ao tratamento de águas residuais urbanas, aprovando uma lista de identificação de zonas sensíveis e de zonas menos sensíveis e o respectivo mapa.

O Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de Junho tem como objectivos principais estabelecer condições gerais a uma dada utilização do domínio hídrico e descarga de águas residuais urbanas nos meios aquáticos e definir as metas temporais e os níveis de tratamento que

deverão enformar os referidos planos para todos os sistemas de drenagem pública de águas residuais que descarreguem nos meios aquáticos, tendo como consequência a protecção das águas residuais urbanas, que se integra no sentido amplo de protecção do ambiente.

Considerando os objectivos acima descritos, identificam-se zonas sensíveis e menos sensíveis, constantes do Anexo III, adoptam-se medidas de sistemas de drenagem de águas residuais urbanas, tratamentos secundários e tratamentos para descargas em zonas sensíveis bem como se estabelecem os respectivos limites de descarga de águas residuais urbanas em zonas sensíveis.

Dos tratamentos das águas residuais urbanas são provenientes as lamas residuais, sendo que a sua eliminação depende da autorização da entidade licenciadora.

No que se refere às lamas deve ter-se em conta o Decreto-Lei n.º 118/2006 de 21 de Junho, que revogou o Decreto-Lei n.º 446/91, de 22 de Novembro, a Portaria n.º 176/96, de 3 de Outubro, a Portaria n.º 177/96, de 3 de Outubro, e o despacho conjunto n.º 309-G/2005, de 19 de Abril.

O anterior Decreto-Lei n.º 446/91, de 22 de Novembro, estabeleceu o regime jurídico da utilização agrícola das lamas de depuração assim como a legislação regulamentar, transpondo para a legislação nacional a Directiva n.º 86/278/CE, do Conselho, de 12 de Junho, relativa à protecção do ambiente e em especial dos solos na utilização agrícola das lamas.

O Decreto-Lei 118/2006 de 21 de Junho, que transpõe a Directiva referida anteriormente, tem como objectivo não só clarificar o conceito de lamas de composição similar como também alargar o âmbito do licenciamento da aplicação de lamas em todos os solos, proibindo-se a sua aplicação em solos destinados ao modo de produção biológico. A preocupação com a utilização das lamas como fertilizantes em solos agrícolas mantém-se, sendo esta opção uma operação de valorização na qual as lamas são utilizadas como factores produtivos.

Foi necessário ter em consideração a qualidade dos solos e que certos metais pesados, existentes nas lamas, são perigosos tanto para o homem como para as plantas. Como tal, estabeleceu-se a obrigatoriedade da apresentação de análises que garantam o cumprimento dos valores limites definidos (SOUSA, 2005).

De um modo geral, este Decreto-lei estabelece uma maior exigência de protecção de valores fundamentais como o ambiente e a saúde humana, que consubstancia regras mais restritas no que respeita às análises, às definições, às informações a prestar e às proibições de aplicação de lamas.

O processo de licenciamento estabelecido visou a intervenção das entidades públicas competentes a nível regional, aproximando a Administração Pública aos cidadãos.

### **1.3 Objectivo**

A deposição das lamas produzidas nas estações de tratamento de águas residuais torna-se cada vez mais difícil, sendo por isso uma das maiores preocupações das entidades responsáveis, pois estas são responsáveis pelo encaminhamento mais adequado das lamas a destino final. Esta dissertação tem por objectivos:

- Apresentar a problemática do crescimento acentuado da produção de lamas residuais;
- Apresentar os processos mais usuais para o tratamento de lamas com o objectivo de redução do volume final;
- Caracterizar as linhas de tratamento das 4 ETAR seleccionadas para o caso de estudo;
- Analisar o desempenho da linha de tratamento da ETAR de Elvas
- Avaliar a sua capacidade de ser uma estação "centralizadora" de lamas;
- Avaliar a viabilidade de implementar uma estufa de secagem de lamas na ETAR de Elvas;

## ***1.4 Metodologia e estrutura da dissertação***

De modo a contribuir para um melhor entendimento, sobre a necessidade de reduzir ao máximo o volume de lamas gerados pelas ETAR, foi efectuada uma revisão bibliográfica. Por este motivo a dissertação encontra-se organizada da seguinte forma:

- No capítulo 2 é apresentada a caracterização das águas residuais, através das suas fontes e principais constituintes, assim como é feita uma apresentação sumária dos processos de tratamentos existentes e a sua evolução no País, introduzindo-se a problemática das lamas residuais.
- No capítulo 3 é definido o conceito de lamas oriundas do tratamento de águas residuais, assim como também é apresentada a sua caracterização e composição.
- No capítulo 4 são apresentados as várias operações unitárias que constituem a fase de tratamento, respectiva aos sólidos, bem como os vários métodos que constituem essas operações.
- No capítulo 5 são abordados os destinos finais que existem para as lamas produzidas nas ETAR.
- O capítulo 6 baseia-se na apresentação do caso de estudo, onde avalia a capacidade que a ETAR de Elvas tem para servir de unidade "centralizadora" de lamas, assim como da viabilidade de implementação de uma estufa de secagem de lamas, de modo a reduzir os custos de transporte a destino final.
- Por último, no capítulo 7 são apresentadas as conclusões deste estudo através da discussão.





## **2 CARACTERIZAÇÃO DO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS**

Tratar águas residuais urbanas, como já foi referido anteriormente, é muito importante na sociedade, pois permite a prevenção da saúde pública, o combate da poluição dos recursos hídricos e do ambiente em geral (AZEVEDO, 2008).

Já nas antigas civilizações existia a associação entre o saneamento e a saúde humana. Os primeiros sistemas de drenagem de águas residuais apareceram na civilização Hindu acerca de 5 000 anos. Contudo, nos 4 800 seguintes salvo raras excepções não houve evoluções significativas (MATOS, 2003).

O facto de não terem ocorrido grandes evoluções, no que diz respeito à recolha/drenagem de águas residuais, está directamente associado à despreocupação com os efluentes domésticos, assim como com os efeitos que estes poderiam causar no meio ambiente, e também associado ao desconhecimento da microbiologia até meados do séc. XIX. A ocorrência de epidemias na Europa durante os séc. XVI e XIX, período no qual se começaram a registar aumentos populacionais e urbanos, estão associadas a essa paragem no desenvolvimento dos sistemas de drenagem públicos (SOUZA, 2005).

Apenas a partir do século XIX começou a haver uma maior preocupação com as consequências para o meio ambiente das descargas de águas residuais. Isto devido, sem dúvida, ao crescimento populacional e à revolução industrial, que se registaram no século XIX e que aumentaram significativamente a quantidade de efluentes urbanos. A concentração das populações nas zonas litorais e o agravamento geral das condições ambientais, em especial da qualidade das águas dos meios receptores também foram outros dos factores que contribuíram para que a preocupação com as consequências para o meio ambiente das descargas de águas residuais aumentasse (MATOS, 2003).

Em consequência do que foi dito anteriormente surgiram na Europa, no início do século XIX, as primeiras redes de drenagem urbanas. São disso exemplo as redes de drenagem de Londres (1815), de Hamburgo (1842) e de Paris (1880). No entanto estas águas eram descarregadas

directamente no meio hídrico receptor, não sofrendo praticamente nenhum processo de depuração, o que levou a uma grande contaminação destes meios (SOUSA, 2005).

O lançamento destes efluentes sem sofrerem qualquer processo de depuração, levou à contaminação dos corpos de água onde eram descarregados. Segundo Malta (2001), a poluição hídrica que se registou nesta altura, levou a que ocorressem em Inglaterra nos períodos de 1831 e 1848 epidemias de cólera, que vitimaram cerca de 50 mil e 25 mil pessoas respectivamente (MALTA, 2001).

Segundo Sousa (2005), os problemas de saúde pública acima referidos levaram a que, em Inglaterra, surgissem os primeiros desenvolvimentos de tratamentos dos efluentes urbanos. Em 1860, através do dispositivo de Mouras, surgiu o primeiro processo de tratamento, que se baseava num processo anaeróbio. Mais tarde começaram a fazer-se os primeiros ensaios sobre degradação biológica, e, em 1914, graças a Arden e Lockett, surgiu o tratamento das águas residuais através de um processo de lamas activadas.

Devido ao desenvolvimento das grandes cidades e da tecnologia, vários países seguiram o exemplo de Inglaterra e começaram a tratar as águas residuais (SOUSA, 2005).

Desde o séc. XIX até aos tempos de hoje, a recolha e tratamento de águas residuais tem vindo a sofrer desenvolvimento e aperfeiçoamento, através de tecnologia e conhecimento existentes. Como resultado, quer a saúde pública quer a qualidade da água estão hoje melhor protegidas.

## **2.1 Evolução em Portugal**

Segundo Matos (2003), os primeiros registos da existência de sistemas de drenagem em Portugal datam do séc. XV. Estes sistemas de drenagem apenas se destinavam às águas pluviais, às quais se juntavam todo o tipo de dejectos, provenientes do aglomerado populacional que cada vez aumentava mais na capital portuguesa. Após o terramoto de 1755, que destruiu grande parte de Lisboa, as edificações que foram construídas previam a produção de águas residuais pela população o que levou a que esses edifícios já possuíssem uma “canalização

metódica” constituída por colectores unitários dispostos em malha e que conduziam essas águas até ao estuário do Tejo (MATOS, 2003).

Em Lisboa durante o séc. XIX, os colectores existentes apenas se destinavam à drenagem das águas pluviais urbanas. No entanto quando se iniciou o abastecimento domiciliário, as águas residuais produzidas começaram a ser encaminhadas para estes colectores, passando estes a funcionar como colectores unitários. No entanto estes não garantiam as condições de estanquidade e de auto-limpeza, o que promoveu a proliferação de doenças de origem hídrica (MATOS, 2003).

Segundo Matos (2003), na segunda metade do séc. XIX, foi pedido a Bernardino Gomes pela Academia Real das Ciências um relato da situação na cidade de Lisboa depois da epidemia de cólera que teve lugar em 1856. Neste relato Bernardino Gomes defende que se deve proceder à instalação de sistemas de drenagem, à semelhança dos existentes em outras cidades europeias, como Paris, Londres e Bruxelas.

Foi na cidade do Porto, através de um projecto de autoria inglesa, no início do século XX, que foi construído o primeiro sistema de drenagem separativo no País. Entre 1940 e 1950, já grande parte das grandes cidades do País, possuíam sistema de colectores pluviais e unitários. Contudo, entre 1940 e 1950, com excepção da cidade do Porto e núcleos vizinhos bem como de uma faixa litoral restrita entre Estoril e Cascais, não se encontravam desenvolvidas redes de drenagem separativas no País. Foi a partir de 1950, que a Sul do País começaram a ser remodelados os sistemas de drenagem unitários para separativos (MATOS, 2003).

## **2.2 Caracterização das águas residuais**

Tendo em conta que um País pode ser afectado devido ao tratamento precárias das águas residuais de um País vizinho, foi fundamental actuar-se a nível comunitário. Para tal o Conselho das Comunidades Europeias elaborou a Directiva 91/271/CEE do Conselho, de 21 de Maio de 1991, relativa à recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas e ao tratamento e descarga de águas residuais de determinados sectores industriais. É objectivo da directiva proteger o ambiente dos efeitos nefastos das referidas descargas de águas residuais.

Segundo esta Directiva, entende-se por Águas Residuais Urbanas (ARU) as águas residuais domésticas ou a mistura de águas residuais domésticas com águas residuais industriais e/ou águas de escoamento pluvial.

Caracterizar uma ARU é muito complexo, principalmente devido à sua origem. Segundo Pita (2002), “uma água residual pode-se considerar uma mistura complexa de água mineral e orgânica sob diversas formas como partículas flutuantes e/ou em suspensão, partículas coloidais, produtos em solução e em emulsão”. Entre as várias substâncias constituintes de uma ARU destacam-se os nutrientes, os microrganismos patogénicos, bem como compostos potencialmente mutagénicos ou cancerígenos (PEREIRA, 2008). A remoção de nutrientes, como o fósforo e o azoto, ao longo do tratamento tornou-se essencial, principalmente para as estações que efectuem a sua descarga em zonas sensíveis, pois estes levam a que ocorra um crescimento excessivo de plantas aquáticas, que por sua vez podem levar à eutrofização e à degradação da qualidade dos meios hídricos. No que diz respeito à descarga de microrganismos patogénicos ou de compostos químicos, estes são potencialmente perigosos no que à saúde pública dizem respeito (METCALF & EDDY, 2003).

Na definição de uma água residual, são utilizadas as características físicas, químicas e biológicas. Parâmetros como a temperatura, cor, odor e turvação dizem respeito aos parâmetros físicos, assim como as substâncias insolúveis, das quais fazem parte os óleos, as gorduras e os sólidos, que se podem encontrar suspensos ou dissolvidos, na forma orgânica (voláteis) e inorgânica (fixos) (UNITED NATIONS, 2003).

Relativamente aos parâmetros químicos, estes podem ser orgânicos ou inorgânicos. Os que estão associados ao teor de matéria orgânica presentes numa água residual, são a Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO), Carência Química de Oxigénio (CQO), Carbono Orgânico Total (COT). No que diz respeito aos parâmetros químicos inorgânicos, estes incluem a salinidade, dureza, pH, acidez e alcalinidade as concentrações de metais ionizados, tais como ferro, manganês, cloretos, sulfatos, sulfitos, nitratos e fosfatos. Os coliformes totais, coliformes fecais, microrganismos patogénicos e vírus, estão associados aos parâmetros bacteriológicos (UNITED NATIONS, 2003). No quadro seguinte estão expressos os valores típicos das características qualitativas de uma água residual urbana não tratada.

**Tabela 2-1 – Características qualitativas de uma água residual urbana (Adaptado de METCALF & EDDY, 2003)**

Parâmetros	Concentração			
	Unidades	Fraca	Média	Forte
<b>Sólidos totais (ST)</b>	mg.L <sup>-1</sup>	350	720	1200
<b>Sólidos totais dissolvidos (STD)</b>	mg.L <sup>-1</sup>	250	500	850
<b>Fixos</b>	mg.L <sup>-1</sup>	145	300	525
<b>Voláteis</b>	mg.L <sup>-1</sup>	105	200	325
<b>Sólidos Suspensos Totais (SST)</b>	mg.L <sup>-1</sup>	100	220	350
<b>Fixos</b>	mg.L <sup>-1</sup>	20	55	75
<b>Voláteis</b>	mg.L <sup>-1</sup>	80	165	275
<b>Sólidos Sedimentáveis</b>	mg.L <sup>-1</sup>	5	10	20
<b>CBO<sub>5</sub> (a 20°C)</b>	mg.L <sup>-1</sup>	110	220	400
<b>Carbono Orgânico total (COT)</b>	mg.L <sup>-1</sup>	80	160	290
<b>CQO</b>	mg.L <sup>-1</sup>	250	500	1000
<b>Azoto Total</b>	mg.L <sup>-1</sup>	20	40	85
<b>Orgânico</b>	mg.L <sup>-1</sup>	8	15	35
<b>Azoto amoniacal</b>	mg.L <sup>-1</sup>	12	25	50
<b>Nitritos</b>	mg.L <sup>-1</sup>	0	0	0
<b>Nitratos</b>	mg.L <sup>-1</sup>	0	0	0
<b>Fósforo (em P)</b>	mg.L <sup>-1</sup>	4	8	15
<b>Orgânico</b>	mg.L <sup>-1</sup>	1	3	5
<b>Inorgânico</b>	mg.L <sup>-1</sup>	3	5	10
<b>Cloretos</b>	mg.L <sup>-1</sup>	30	50	100
<b>Sulfatos</b>	mg.L <sup>-1</sup>	20	30	50
<b>Alcalinidade (em CaCO<sub>3</sub>)</b>	mg.L <sup>-1</sup>	50	100	200
<b>Óleos e gorduras</b>	mg.L <sup>-1</sup>	50	100	150
<b>Coliformes Totais</b>	nº/100 mL	10 <sup>5</sup> – 10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> – 10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> – 10 <sup>9</sup>
<b>Compostos orgânicos voláteis</b>	µg.L <sup>-1</sup>	<100	100 – 400	>400

Nos dias de hoje, através do conhecimento adquirido e das capacidades tecnológicas existentes para o tratamento de águas residuais, não é admissível que se continuem a efectuar descargas deste tipo de águas directamente num meio hídrico, levando à contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Os efeitos provocados por estas descargas são variados e dependem do tipo e da concentração dos poluentes (PEREIRA, 2008). Na tabela 2-2 estão expressos alguns dos mais importantes contaminantes existentes nas águas residuais bem como os principais efeitos para o meio.

**Tabela 2-2 – Tipos de agentes poluentes numa ARU e as suas implicações para o meio  
(Adaptado de METCALF & EDDY, 2003)**

<b>Contaminantes</b>	<b>Efeitos que provocam no meio receptor</b>
<b>Sólidos Suspensos</b>	Pode levar ao desenvolvimento de depósitos de lamas e a condições anaeróbias nos meios hídricos.
<b>Matéria Orgânica Biodegradável</b>	São basicamente constituídas por proteínas, carboidratos, e gorduras. Geralmente são medidos em termos de CBO e de CQO. Quando lançadas em grandes quantidades para o interior de rios ou lagos, podem causar condições sépticas, pois durante a sua estabilização biológica pode levar a um consumo excessivo de oxigénio que é prejudicial para as espécies aquáticas.
<b>Microrganismos Patogénicos</b>	Podem provocar doenças infecciosas.
<b>Poluentes Prioritários (compostos orgânicos e inorgânicos)</b>	Podem ser altamente tóxicos, cancerígenos, mutagénicos ou teratogénicos.
<b>Compostos Orgânicos Refractários</b>	Tendem a resistir ao tratamento convencional, neles incluem-se surfactantes, fenóis e pesticidas agrícolas.
<b>Metais pesados</b>	As suas fontes são geralmente as actividades comerciais e industriais. Estes devem ser removidos caso se pretenda reutilizar a água residual.
<b>Compostos Inorgânicos Dissolvidos</b>	Estes constituintes aparecem nas águas residuais principalmente devido ao uso doméstico e devem ser removidos caso se pretenda reutilizar a água residual.

## **2.3 Tratamento de águas residuais**

Uma ETAR tem por objectivo tratar as águas residuais, através de várias fases de tratamento, de modo a que estas possam ser descarregadas nas massas de águas, cumprindo os níveis de concentrações estipulados por Lei, ou de modo a permitir a sua reutilização. Segundo Azevedo (2008), “uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) é certamente o destino mais adequado à promoção da saúde pública e à preservação dos recursos hídricos, de modo a evitar a sua contaminação”.

Segundo Spellman (2003), “o tratamento das águas residuais tem como propósito a protecção da saúde e bem estar das populações”. Deste modo é possível atingir objectivos como a prevenção de doenças e de situações incómodas e indesejáveis; evitar a contaminação das águas, nomeadamente as de abastecimento e navegação; manter a qualidade da água de modo a preservar a sua função ecológica e os usos balneares e recreativos; e a conservação da qualidade e quantidade da água para futuros usos (SPELLMAN, 2003).

Para garantir a protecção da saúde pública e do ambiente deve ter-se em conta qual o nível de tratamento que se tem de assegurar numa Estação de Tratamento de Águas Residuais. Para tal é necessário proceder-se a uma análise detalhada das condições e das necessidades locais, da legislação e de regulamentos aplicáveis, bem como do conhecimento adquirido em experiências anteriores. Assegurar um nível de tratamento que garanta a protecção da saúde pública e do ambiente é, hoje em dia, uma das grandes questões que se colocam à engenharia sanitária e saúde pública (METCALF & EDDY, 2003).

Para a remoção dos contaminantes de águas residuais, ao longo do tratamento de águas residuais, são considerados três diferentes processos, os processos físicos, químicos e biológicos. Através da junção destes processos é possível obter vários níveis de tratamento denominados de tratamento preliminar, primário, secundário e terciário, sendo este último fundamental para situações, onde o meio receptor se considera sensível. (METCALF & EDDY, 2003).

O tratamento de águas residuais tem por objectivo a redução da carga poluente até se atingirem concentrações admissíveis que possam ser descarregadas nos meios receptores ou serem reutilizadas. Os valores limite de emissão (VLE) na descarga de águas residuais estão expressos no Decreto-lei n.º 236/98 de 1 de Agosto anexo XVIII.

A fim de se atingirem os diferentes níveis de remoção de contaminantes, o tratamento de ARU é constituído por duas fases. A primeira fase, a fase mais importante no processo da ETAR, consiste no tratamento da fase líquida, que na sua generalidade se divide nos quatro níveis de tratamento acima referidos. Relativamente à segunda fase, esta diz respeito ao tratamento da fase sólida que vai sendo extraída ao longo da primeira fase (PEREIRA, 2008). Os níveis de tratamento, que as águas residuais têm de sofrer para diminuir a sua carga poluente, de modo a que possam ser descarregadas nos cursos de água sem que se contaminem os mesmos, estão descritos na Tabela 2-3.



**Tabela 2-3 – Descrição dos diversos níveis de tratamento que compõem uma ETAR  
(Adaptado de METCALF & EDDY, 2003)**

Nível de tratamento	Descrição	Operações e Processos
<b>Preliminar</b>	Remoção de sólidos grosseiros para evitar danificar os equipamentos, bem como os órgãos a jusante	Gradagem; Desarenação; Homogenização e armazenamento; Separação de óleos e gorduras;
<b>Primário</b>	Remoção de sólidos suspensos e matéria orgânica, normalmente através de decantação	Químico: neutralização (adição de reagentes químicos e coagulantes); Físico: Flotação, Decantação, Filtração;
<b>Secundário</b>	Remoção da maioria da matéria orgânica por processos biológicos seguidos de processos físico-químicos. No processo biológico podem ser utilizados dois tipos diferentes de tratamento: aeróbio e anaeróbio. O processo físico-químico é constituído por um ou mais decantadores secundários.	Lamas Activadas; Leitos Percoladores; Discos Biológicos; Lagoas Anaeróbias; Lagoas Aeróbias; Lagoas de estabilização; Digestão anaeróbia; Decantação;
<b>Terciária</b>	Aumenta a eficiência da remoção de sólidos suspensos dissolvidos, de nutrientes ou compostos tóxicos específicos.	Filtração; Adsorção sobre carvão; Troca iónica; Osmose inversa; Desinfecção;
<b>Tratamento de Lamas</b>	Estabiliza as lamas removidas da água residual durante o tratamento, inactiva os organismos patogénicos e reduz o volume das lamas.	Espessamento; Digestão Anaeróbia; Desidratação; Higienização;

## Tratamento da fase líquida:

- Tratamento Preliminar – é onde se inicia o tratamento das ARU quando chegam à ETAR, abrangendo a obra de entrada. Esta fase consiste na eliminação/redução de elementos grosseiros que possam interferir com as operações seguintes ou que possam aumentar os custos de operação dos processos seguintes. Entre estes elementos destacam-se os sólidos grosseiros, panos, areias, bem como grandes picos de cargas hidráulicas e orgânicas. O tratamento preliminar é constituído pelos seguintes processos unitários: gradagem, desarenação/desengorduramento e um tanque de homogeneização e/ou equalização (VESILIND, 2003). No entanto, segundo Pereira (2009), estes podem ser dispensados dado representarem despesas de manutenção e operação adicionais.
- Tratamento Primário – a este está associada a remoção parcial dos sólidos suspensos e de matéria orgânica através de processos físicos, como a sedimentação (decantação primária). Segundo Metcalf & Eddy (2003), através deste processo é possível obter percentagens de remoção de sólidos suspensos na ordem dos 50 a 70% e de 25 a 40% de matéria orgânica. Durante esta fase, embora menos frequente, pode também incluir-se a adição de químicos, nomeadamente reagentes e coagulantes, de modo a acelerar a sedimentação das partículas. O tratamento primário actua como um precursor para o tratamento secundário, “produzindo” um efluente líquido mais clarificado e adequado ao tratamento biológico e separando os sólidos como a lama, denominada de lama primária, de modo a que esta seja convenientemente tratada antes de ser enviada a destino final (METCALF & EDDY, 2003).
- Tratamento Secundário – esta fase do tratamento tem por objectivo remover os compostos orgânicos solúveis e coloidais e sólidos em suspensão, que permanecem no efluente após o tratamento primário. Isto porque os seus valores, geralmente, ainda não cumprem para com as normas legislativas de descarga. Em muitos casos, este tipo de tratamento também é utilizado para a remoção de nutrientes, nomeadamente fósforo e azoto (METCALF & EDDY, 2003). Na sua generalidade o tratamento secundário tem por base um tratamento biológico, através de microrganismos que decompõem a matéria orgânica, pois as ARU têm uma forte componente biodegradável.

Segundo o Decreto Lei 152/97, este tipo de tratamento permite atingir valores de CBO5 não superiores a 25 mg/L a 20°C sem nitrificação, 125 mg/L de CQO, tendo de atingir percentagens de remoção na ordem dos 75 a 90% e 75% respectivamente.

Quanto aos SST, a sua concentração pode variar conforme o número de habitantes equivalentes, 35 mg/L para aglomerados superiores a 10 000 habitantes e 60 mg/L para aglomerados entre 2 000 e 10 000 habitantes, tendo de atingir percentagens de remoção na ordem dos 90% e 70% respectivamente.

Os principais processos biológicos são aeróbios, anaeróbios ou a sua mistura. Além disso, os processos podem ser classificados em duas categorias biomassa suspensa, onde os microrganismos responsáveis pela conversão da matéria orgânica em gases e tecido celular são mantidos em suspensão no líquido (lamas activadas), e biomassa fixa, onde os microrganismos responsáveis pela conversão da matéria orgânica em gases e tecido celular estão ligados a um meio inerte (leitos percoladores, biofiltros e discos biológicos) (METCALF & EDDY, 2003). Ao longo desta fase, a acção de depuração da matéria orgânica por parte dos microrganismos vai levar à formação de dióxido de carbono e biomassa, sendo que para a sua remoção do líquido, o reactor biológico convém estar combinado com alguma forma de remoção de sólidos, decantadores ou filtros, formando-se assim as lamas secundárias (PIRES, 2009).

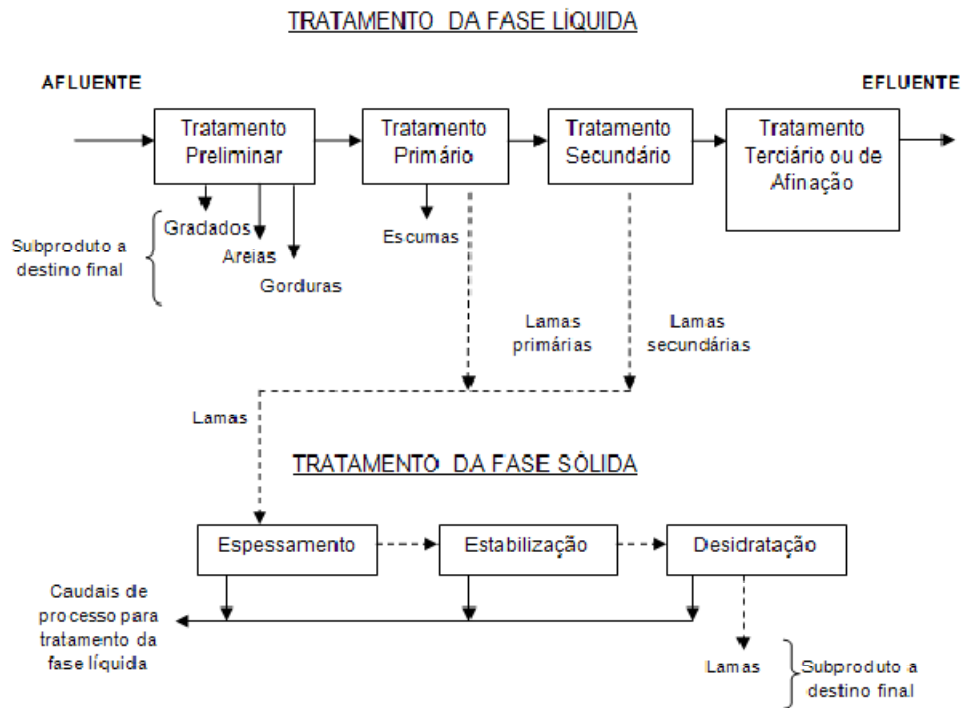
- Tratamento Terciário – este tratamento permite aumentar a eficiência da estação, através da remoção de sólidos em suspensão, de azoto, de fósforo e de compostos tóxicos específicos, este último dependendo do destino final a dar à água, que não foram eliminados através dos tratamentos anteriores (PITA, 2002). Os processos usados dependem dos objectivos que se pretendem, estes podem ser a precipitação química, tratamento biológico e desinfecção. Para a remoção de nutrientes (azoto e/ou fósforo) pode ser utilizada a precipitação química ou tratamento biológico. No que se refere à remoção/inactivação de organismos patogénicos é usada a desinfecção, normalmente através do uso de cloro, ozono ou radiação ultravioleta (METCALF & EDDY, 2003).

#### Tratamento da fase sólida

- Tratamentos da fase sólida – Através do tratamento da fase líquida numa ETAR, mais concretamente no decantador primário e decantador secundário, são captados os subprodutos gerados, denominados de lamas. Segundo Pereira (2008), a fase de tratamento de lamas tem por objectivo tornar o seu manuseamento mais fácil e mais seguro, assim como reduzir os custos do seu transporte a destino final (PEREIRA, 2008). O tratamento das lamas é geralmente constituído por três fases. Primeiramente estas são enviadas para um espessador. Na segunda, dependendo do seu destino final,

podem ser estabilizadas e na terceira são enviadas para desidratação (AZEVEDO, 2008).

Na figura seguinte, estão esquematizados as quatro fases de tratamento de águas residuais urbanas que compõem uma ETAR, bem como as três fases que podem constituir o tratamento da fase sólida:



**Figura 2-1 Esquema de tratamento de uma ETAR (Adaptado de PIRES, 2009)**

O tratamento da fase sólida, mais concretamente a redução do volume e estabilização destas, vai ser aprofundado no capítulo seguinte.

## **3 LAMAS RESIDUAIS**

### **3.1 Definição de lamas residuais**

Segundo o Decreto-Lei 276/2009, de 2 de Outubro, lamas de depuração ou lamas residuais, são as lamas provenientes de estações de tratamento de águas residuais domésticas, urbanas e de outras estações de tratamento de águas residuais de composição similar às águas residuais domésticas e urbanas.

Segundo Metcalf & Eddy (2003), as lamas residuais resultantes das operações e processos de tratamento de águas residuais encontram-se sob a forma de um líquido ou de um líquido semi-sólido, contendo normalmente uma percentagem de sólidos na ordem dos 0,25% a 12%, estes valores variam de acordo com o tipo de tratamento e de operações utilizado.

### **3.2 Características das lamas**

De uma forma geral, numa ETAR podem obter-se lamas primárias, respectivas às lamas recolhidas no decantador primário, lamas biológicas ou secundárias, resultantes dos processos de tratamento biológico após a decantação secundária, e as lamas químicas, consequentes de processos de tratamento em que sejam utilizados reagentes químicos, sempre que a estação possua estas unidades. As lamas são constituídas por sólidos orgânicos e inorgânicos que se encontravam na água residual afluyente à ETAR. Dependendo das características da água residual a tratar, bem como dos processos de tratamento utilizados, as características físicas, químicas e bacteriológicas das lamas vão variar (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION).

As lamas primárias são constituídas principalmente por sólidos sedimentáveis compostos por um teor elevado de matéria orgânica, como fezes, legumes, frutas, têxteis etc. A sua consistência é de um líquido espesso com uma percentagem de água entre 92% e 96%, apresentando uma coloração cinzenta, sendo que, na maioria dos casos apresenta um odor extremamente forte. São separadas da água residual através de um processo físico, decantador primário, contêm entre 60 a 70% de SSV e são facilmente digeridas por processos aeróbios e anaeróbios (QASIM, 1999).

As lamas secundárias ou biológicas, como o próprio nome indica são formadas através de processos biológicos, onde ocorre a transformação da matéria orgânica através do metabolismo microbiano (EUROPEAN COMMISSION, 2001). Segundo Qasim (1999), as lamas secundárias, são constituídas por sólidos biológicos de aspecto acastanhado, quando frescas têm um cheiro a terra. Tornam-se escuras e sépticas rapidamente e fica com um desagradável cheiro a putrefacção. Contém entre 70 a 80% de SSV, no caso das lamas provenientes de um tratamento por lamas activadas, e contém entre 60 a 75% de SSV, no caso de lamas provenientes do tratamento por leitos percoladores, e são facilmente digeridas em digestores aeróbios e anaeróbios. Segundo Sousa (2005), "a produção e qualidade deste tipo de lamas varia de acordo com as taxas de crescimento e metabólicas dos microrganismos, bem como do processo biológico envolvido".

No que diz respeito às lamas químicas, estas tem aspectos variados consoante o tipo de químico utilizado. As lamas provenientes de precipitação química por sais metálicos são geralmente de cor escura, apesar da sua superfície poder apresentar uma coloração avermelhada, devido a grandes quantidades de ferro que possam existir. Lamas de cal apresentam uma coloração cinzenta acastanhada e tem um odor quase tão desagradável como o odor das lamas primárias. A sua decomposição no entanto já não se assemelha com a da lama primária, pois tem um ritmo mais lento. Podem libertar quantidades de gás significativas e aumentar a sua densidade quando permanecem muito tempo retidas (METCALF & EDDY, 2003).

Na tabela seguinte estão representadas as características físicas dos vários tipos de lamas produzidas numa ETAR.

**Tabela 3-1 – Características físicas das lamas produzidas nas ETAR (Adaptado de QASIM 1999)**

Tipo de Lama	g/m <sup>3</sup>	% sólidos	Peso específico dos sólidos	Peso específico das lamas
<b>Primária</b>	105 – 165	4 – 8	1,4	1,02
<b>Secundária (lamas activadas)</b>	70 – 100	0,8 – 2,0 (após decantação) 0,2 – 0,6 (após tanque de arejamento)	1,25	1,005
<b>Secundária (leitos percoladores)</b>	50 – 90	2 – 4	1,45	1,025
<b>Química (sais metálicos)</b>	200 – 250	0,5 – 3,0	1,6	1,04

### 3.3 Composição das lamas

Como já foi descrito num capítulo anterior, os efluentes que chegam a uma estação de tratamento de águas residuais não são constituídos apenas por efluentes domésticos, estes possuem ainda efluentes industriais e águas pluviais. Assim sendo, as lamas residuais para além de resíduos orgânicos possuem também vários tipos de poluentes que caracterizam o quotidiano da sociedade (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION).

As lamas residuais são constituídas por substâncias tóxicas, bactérias patogénicas, vírus, e protozoários que podem dar origem a potenciais riscos para a saúde dos seres humanos, animais e plantas. O número de organismos patogénicos e parasitas nas lamas pode ser significativamente reduzido, antes de serem encaminhados a destino final através de tratamentos apropriados, reduzindo assim os potenciais riscos para o meio (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION).

Apesar de todos estes compostos inconvenientes que as lamas residuais possuem, estas são também constituídas por azoto, fósforo, potássio e matéria orgânica, assim como por cálcio, enxofre e magnésio, embora em quantidades bem mais reduzidas, que são benéficas quanto à valorização das lamas para deposição em solos agrícolas (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

**Tabela 3-2 – Características qualitativas dos diversos tipos de lamas produzidas nas ETAR  
(Adaptado de EUROPEAN COMMISSION, 2001)**

Componentes	Unidade	Lama primária, lama primária com tratamento físicos e químicos ou com grande carga poluente	Lama secundária (baixa carga)	Lama secundária após sedimentação (baixa e media carga)	Lama Mista (mistura de lama primária com a lama secundária proveniente do decantador secundário)
<b>Matéria Seca (MS)</b>	g/L	12	9	7	10
<b>Materia Volátil (VM)</b>	% DM	65	67	77	72
<b>pH</b>		6	7	7	6,5
<b>C</b>	% VM	51,5	52,5	53	51
<b>H</b>	% VM	7	6	6,7	7,4
<b>O</b>	% VM	35,5	33	33	33
<b>N</b>	% VM	4,5	7,5	6,3	7,1
<b>S</b>	% VM	1,5	1	1	1,5
<b>C/N</b>	-	11,4	7	8,7	7,2
<b>P</b>	% DM	2	2	2	2
<b>Cl</b>	% DM	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>K</b>	% DM	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>Al</b>	% DM	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Ca</b>	% DM	10	10	10	10
<b>Fe</b>	% DM	2	2	2	2
<b>Mg</b>	% DM	0,6	0,6	0,6	0,6
<b>Gordura</b>	% DM	18	8	10	14
<b>Proteínas</b>	% DM	24	36	34	30
<b>Fibras</b>	% DM	16	7	10	13
<b>Poder Calorífico</b>	kWh/t DM	4.200	4.100	4.800	4.600



### **3.3.1 Matéria orgânica**

Segundo ADAS (2000), e citado pela European Commission (2001), a matéria orgânica, presente nas lamas residuais, após a sua aplicação nos solos vai permitir a melhoria destes mesmos. Dentro destas melhorias destacam-se as melhorias em termos das propriedades físicas dos solos, como a sua estrutura e a sua capacidade de retenção de água e minerais, assim como a redução do escoamento superficial e da sua erosão.

A matéria orgânica presente nas lamas vai trazer grandes benefícios tanto para os microrganismos presentes nos solos como para as próprias plantas. É constituída por vários compostos com valor agrícola, deste modo as lamas são consideradas como uma fonte de energia para os microrganismos presentes no solo. Segundo a European Commission (2001), a aplicação de lamas nos solos tem uma grande vantagem relativamente ao uso de adubos minerais, pois os seus compostos vão-se libertando de uma forma mais lenta e duradoura (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

A matéria orgânica das lamas residuais que representa 50% da matéria seca presente nas mesmas, é geralmente constituída por hidrocarbonetos, aminoácidos e pequenas porções de proteínas e lípidos. Apenas existe um pequeno teor em lenhina e celulose na sua composição, o que faz com que a matéria orgânica seja rapidamente mineralizada, podendo levar a um pico de nitratos e de poluentes no solo (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

### **3.3.2 Fósforo e Azoto**

As lamas residuais contêm uma série de nutrientes. De um modo geral, o maior representante destes nutrientes é o fósforo, no entanto estas também são constituídas por uma considerável porção de azoto. Já no que diz respeito ao magnésio e potássio, o teor destes nas lamas é muito reduzido. As quantidades de nutrientes contidas nas lamas, são directamente influenciadas pelo tipo de tratamento que estas sofrem (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

O azoto surge nas lamas predominantemente sob duas formas, orgânica e de amoníaco. Grande parte do amoníaco, que constitui as lamas residuais, é reduzida após o tratamento da fase sólida, espessamento e desidratação, pois a maior parte do amoníaco encontra-se na fase

líquida que compõe as lamas residuais. Quanto ao azoto orgânico, este não está logo disponível para as plantas, tendo de ser mineralizado para poder ser absorvido pelas plantas (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

A disponibilidade de azoto depende do tipo de lama, ou seja, depende da quantidade de azoto orgânico que pode ser mineralizado. Esta varia entre 4% e 60%, mas dentro de um tipo de lama, grandes variações têm sido relatadas. Outros factores que influenciam a disponibilidade de azoto são factores extrínsecos: temperatura, humidade, pH e textura do solo (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

Tendo em conta que o fósforo é um recurso natural limitado, as lamas residuais que contenham fósforo são de particular interesse. O fósforo é utilizado pelas plantas para o seu crescimento, para conferir rigidez às suas paredes celulares e para o desenvolvimento do seu sistema radicular (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

O fósforo que se encontra nas lamas residuais encontra-se na sua maior parte sob a forma mineral, o fósforo mineral pode representar de 30 a 98% do fósforo total. Assim como no azoto, a quantidade de fósforo nas lamas está directamente ligado com o tipo de tratamento que as lamas sofreram (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

### **3.3.3 Metais Pesados**

São inúmeros, os metais pesados presentes numa lama residual. Estes têm a capacidade de afectar a saúde e crescimento das plantas, as propriedades do solo e dos microrganismos, a saúde de animais, bem como têm a capacidade de se acumular no meio ambiente. Existem 3 grandes origens de metais pesados nas lamas de depuração, os efluentes domésticos, industriais e os provenientes do escoamento rodoviário (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

Através do quadro seguinte é possível observar que a média correspondente aos metais pesados nos estados-membros se encontra abaixo dos limites fixados pela directiva 86/278/CEE. A média de 7 metais pesados nos Estados Membros está representada na Tabela

3-3, assim como os valores-limite de concentração de metais pesados nas lamas destinadas à agricultura, segundo a directiva 86/278/CEE (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

**Tabela 3-3 – Concentração média de metais pesados em 7 Estados Membros e os seus Valores Limite (Adaptado da EUROPEAN COMMISSION, 2001)**

<b>Metal Pesado</b>	<b>Directiva 86/278/CEE (mg/kg MS)</b>	<b>Média nos Estados Membros (mg/kg MS)</b>
<b>Cd</b>	20 – 40	0,4 – 3,8
<b>Cr</b>	1000 – 1750	16 – 275
<b>Cu</b>	1000 – 1750	39 – 641
<b>Hg</b>	15 – 25	0,3 – 3
<b>Ni</b>	300 – 400	9 – 90
<b>Pb</b>	750 – 1200	13 – 221
<b>Zn</b>	2500 – 4000	142 - 2000

### **3.3.4 Poluentes Orgânicos**

Segundo SOUSA (2005), numa lama, é possível encontrar várias substâncias orgânicas, que variam muito entre si, no que diz respeito às suas características físicas e químicas. De um modo geral os compostos orgânicos mais usuais são os pesticidas organoclorados, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH), fenóis e policlorobifelino (PCB), sendo que estes últimos são os mais preocupantes dada a sua toxicidade, persistência e tendência de bioacumulação.

Segundo a mesma fonte anteriormente citada, até agora não existem muitos países que coloquem restrições ao uso de lamas de depuração na agricultura baseados nos contaminantes orgânicos, pois ainda existem muitas duvidas sobre o que é um contaminante orgânico, quais as vias e limites para a contaminação do homem e quais as suas consequências para a saúde humana.

### **3.3.5 Microrganismos patogénicos**

De entre os microrganismos patogénicos presentes numa lama residual, destacam-se os vírus, bactérias, protozoários, os fungos e os helmintas. A sua concentração nas lamas é maior quando o efluente residual é tratado através de um tratamento biológico (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

Os tratamentos para reduzir o CBO, o teor em sólidos e o odor, nem sempre são eficazes no que diz respeito à redução dos agentes patogénicos, o que se torna num problema de saúde pública. A persistência destes organismos varia muito, dias para as bactérias, meses para vírus e anos para os ovos de dos helmintas, dependendo das condições ambientais (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

As lamas residuais, quando aplicadas nos solos, podem levar à contaminação das águas subterrâneas pelos agentes acima referidos, o que exporá as populações que dependem daquelas para o seu uso doméstico, levando a um potencial surto de doenças (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

## **4 PRINCIPAIS PROCESSOS DE TRATAMENTO DE LAMAS**

Ao longo dos vários níveis de tratamento que o efluente residual sofre aquando da sua chegada a uma ETAR, vão se formando sub-produtos inevitáveis, aos quais se dá o nome de lamas. Estas resultam da acumulação das substâncias em suspensão da água residual e têm de ser submetidas a tratamento antes do seu encaminhamento a destino final, de modo a reduzir o seu volume e a serem estabilizadas (AZEVEDO, 2008). Embora o seu tratamento seja complexo e caro, assim como o seu encaminhamento a destino final e representam cerca de 50% dos custos de funcionamento de uma ETAR, o tratamento da fase sólida é um elemento essencial a ter em conta na concepção de estações de tratamento de águas residuais. Ao dimensionar uma ETAR o engenheiro responsável pode optar entre muitos processos de tratamento da fase sólida. Independentemente da combinação escolhida, o objectivo será sempre o mesmo, a transformação das lamas residuais num subproduto que possa ser manuseado facilmente e tornar o seu transporte a destino final mais económico e seguro. O seu tratamento vai também ele permitir aumentar o poder calorífico das lamas por redução do seu teor em água, essencial para uma possível incineração, reduzir o seu cheiro assim como o seu potencial de putrefacção (SPELLMAN, 2000).

Para que se desenvolva um sistema eficaz de tratamento de lamas, deve ser escolhida a melhor combinação de processos de tratamento. Segundo Azevedo (2008), para que as lamas possam ser encaminhadas a destino final, sem produzirem efeitos nefastos para o meio ambiente, estas devem ser estabilizadas com o objectivo de se reduzir o seu poder de fermentação, responsável pela produção de gases e odores, e devem sofrer tratamentos que visem a sua redução de volume, permitindo assim facilitar o seu manuseamento, transporte e armazenamento, e purificadas para eliminar o máximo de microrganismos patogénicos e elementos tóxicos. De acordo com o destino final a dar às lamas é definido o grau de tratamento que as mesmas têm de sofrer (AZEVEDO, 2008). Muitas destas operações e processos unitários estão ilustrados na Tabela 4-I.

**Tabela 4-I - Operações unitárias e os seus métodos de tratamento de lamas (Adaptado de METCALF & EDDY, 2003)**

<b>Operação unitária</b>	<b>Métodos de tratamento</b>
<b>Espessamento</b>	Gravítico
	Flotação
	Centrifugação
	Mesas de Espessamento
	Tambor rotativo
<b>Estabilização</b>	Estabilização alcalina
	Digestão Anaeróbia
	Digestão Aeróbia
	Compostagem
<b>Condicionamento</b>	Químico
	Térmico
<b>Desidratação</b>	Centrifuga
	Filtro Prensa
	Filtro Banda
	Leitos de secagem
	Leitos de macrófitas
	Lagunagem
<b>Secagem Térmica</b>	Secagem Directa
	Secagem Indirecta

Segundo Spellman (2003), “a importância de um adequado e eficiente processo de tratamento de lamas não pode ser negligenciado na construção de uma ETAR. Sistemas de tratamento de lamas inadequados podem afectar severamente a capacidade de tratamento de toda a estação. A incapacidade de remoção e tratamento dos sólidos relativamente à velocidade com que os acumula, devido à sua afluência à estação, pode levar a que ocorram grandes descargas de sólidos nos meios hídricos receptores”.

Segundo o mesmo autor, para além de um dimensionamento correcto dos órgãos, a eficácia da estação depende também do desempenho do operador da estação que necessita de ter uma formação adequada (SPELLMAN, 2003).

De seguida serão descritos os principais equipamentos e processos empregados no tratamento de lamas numa ETAR.

#### **4.1 Espessamento**

As lamas recolhidas ao longo do tratamento da fase líquida são encaminhadas para o tratamento da fase sólida, que se inicia através do espessamento de lamas. Este tipo de tratamento é utilizado de forma a aumentar o seu teor em sólidos. De uma forma geral é possível passar de um teor em sólidos de 0,8% para 4%, o que equivale a dizer, que volume de lamas se reduz para 1/5 (METCALF & EDDY, 2003). Segundo Spellman (1999), o tratamento de lamas com concentrações inferiores a 4%, ou seja com um elevado teor de humidade, é geralmente impraticável.

O tratamento das lamas através do seu espessamento é uma operação muito importante, no que diz respeito ao desempenho e capacidade da estação. O espessamento permite reduzir o volume de lamas a serem encaminhadas para os processos seguintes, tornando esses mesmos sistemas mais eficazes, bem como reduzir os custos de operação dos mesmos, pois as lamas ficam mais concentradas. Esta operação vai também permitir reduzir o volume de lamas a encaminhar a destino final, que se traduz numa redução significativa nos custos de exploração da estação (BUTTZ e DAIGGER, 1998).

Se houver um mau dimensionamento desta operação unitária toda a linha de tratamento da estação pode ficar afectada, pois o sistema pode ficar sobrecarregado, visto que o sobrenadante que é encaminhado para a linha de tratamento da fase líquida poderá possuir grandes concentrações de sólidos (BUTTZ e DAIGGER, 1998).

Segundo Spellman (1999), os métodos de espessamento de lamas são geralmente de natureza física, compreendendo os tratamentos por espessamento gravítico, flotação por ar dissolvido,

centrifugação, mesas de espessamento e tambor rotativo”. Estas tecnologias encontram-se descritas de seguida.

#### **4.1.1 Espessamento Gravítico**

O espessamento gravítico é um dos métodos comuns mais utilizados e é realizado num tanque circular semelhante a um decantador convencional ou então efectua-se no fundo do próprio decantador (BUTTZ e DAIGGER, 1998). Este tratamento consiste na acumulação da lama, proveniente do decantador primário e/ou secundário, no fundo do espessador formando uma espécie de cobertor de lamas. O peso dos sólidos faz com que este cobertor se comprima e faça com que a água se liberte, subindo à superfície, de onde depois é retirada do espessador e encaminhada para a obra de entrada (SPELLMAN, 2003). Para ajudar a esta densificação das lamas, por vezes estes espessadores, encontram-se equipados de pontes raspadores verticais que vão raspando as lamas lentamente permitindo abrir canais que permitem a escapatória da água. A lama espessada no fundo do órgão é bombeada para o digestor ou para a desidratação, dependendo do tipo de estação e tratamento optado (METCALF & EDDY, 2003).

O espessamento gravítico é mais eficaz no tratamento de lamas primárias. O dimensionamento destes órgãos tem por base a carga de sólidos afluente e a taxa de “thickener overflow”. Segundo Metcalf & Eddy (2003), “elevadas cargas hidráulicas podem causar a transição de sólidos em excesso, enquanto baixas cargas hidráulicas podem causar cenários sépticos e odores bem como podem levar à flotação das lamas”. De modo a promover uma carga hidráulica constante e indicada de acordo com o dimensionamento do órgão, pode-se adicionar água de diluição (efluente final) ou polímeros às lamas que são encaminhadas para o espessador. O efluente final que se adiciona às lamas vai também ele permitir manter as condições aeróbias, bem como ajuda na remoção de compostos orgânicos e inorgânicos solúveis que consomem grandes quantidades de produtos químicos utilizados no condicionamento das lamas (METCALF & EDDY, 2003). Segundo Spellman (2003), para além da carga hidráulica, o desempenho dos espessadores gravíticos também depende de factores como o tipo de lamas afluente, a sua temperatura, a profundidade do manto de lamas, o tempo de retenção de sólidos e do tempo de retenção hidráulico.



#### 4.1.2 Flotação por ar dissolvido

A flotação por ar dissolvido tem por objectivo engrossar os sólidos provenientes do tratamento biológico, através da introdução de ar pressurizado, de modo a que os sólidos subam à superfície e sejam removidos de forma mecânica (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

Pequenas bolhas de gás, geralmente de 0,01 a 0,1 m de diâmetro (BUTTZ e DAIGGER, 1998), são introduzidas sob pressão de várias atmosferas no líquido afluente ao espessador. Estas lamas, saturadas em oxigénio, após a sua libertação no tanque de flotação, formam-se pequenas bolhas de ar que se agregam aos sólidos, tornando-os menos densos que a água, fazendo com que estes subam à superfície. A principal vantagem deste tipo de espessamento, é o facto de conseguir remover mais rapidamente uma maior quantidade de sólidos, devido à sua lenta sedimentação (QASIM, 1999).

O espessamento por flotação é mais efectivo no tratamento de lamas provenientes de um tratamento biológico por biomassa suspensa, como lamas activadas. Geralmente é um processo utilizado para lamas secundárias, devido a estas serem “mais leves”, no entanto também podem ser utilizados para lamas primárias ou mistas. De modo a melhorar o desempenho do flotador podem ser utilizados polímeros. A utilização de polímeros como auxiliares de flotação permite aumentar a remoção de sólidos do efluente de 85% para 98 a 99%, reduzindo desta forma a sua recirculação no sobrenadante. As quantidades de polímero que devem ser utilizadas variam entre 2 e 5 kg de polímero por mg de matéria seca de lamas (METCALF & EDDY, 2003).

Segundo Metcalf & Eddy (2003), “a concentração das lamas flotadas é influenciada por diversos factores como a relação ar-sólidos, as características das lamas, em particular o seu Índice de Volume de Lamas (SVI), a carga de sólidos e o uso de polímero”. De acordo com o mesmo autor, o factor que maior influência tem na concentração final dos sólidos é a relação ar-sólidos. A relação ar-sólidos é definida pela relação de peso entre o ar disponível para a flotação e dos sólidos que vão ser bombeados para o espessador, a flotação é máxima quando essa relação se encontra entre os 2 e os 4%. Quanto ao SVI este também é importante, porque se tem observado em casos práticos que o desempenho dos espessadores por flotação

é melhor quando o SVI é inferior a 200, utilizando doses normais de polímero. (METCALF & EDDY, 2003).

#### **4.1.3 Centrifugação**

A centrifugação é uma operação unitária que permite concentrar uma grande variedade de biosólidos, no entanto no que diz respeito ao espessamento, esta geralmente é limitada ao tratamento de lamas activadas, podendo também ser utilizadas em lamas primárias e lamas químicas. Este tipo de espessamento é mais utilizado nas ETAR de grande dimensão, dado estas terem de espessar de forma contínua grandes quantidades de lamas residuais, em estações onde o espaço é reduzido e em estações onde as lamas são difíceis de concentrar por meios convencionais (METCALF & EDDY (2003), BUTTZ e DAIGGER (1998)).

Segundo Metcalf & Eddy (2003), "em termos de espessamento o tipo de centrífuga utilizada é a centrífuga cilíndrica de eixo horizontal. Estas são montadas horizontalmente sendo uma das extremidades mais afunilada, as lamas são introduzidas na unidade de forma contínua onde sofrem a influência de forças centrífugas através de um movimento helicoidal".

As centrífugas para espessamento de lamas são compactas, simples, flexíveis e auto-suficientes, têm custos capitais relativamente baixos, no entanto os seus custos de manutenção e energéticos são elevados. Permite alcançar concentração de sólidos na ordem dos 4 a 6% (BUTTZ e DAIGGER, 1998). Este tipo de operação concentração de sólidos não está dependente da utilização de polímeros, no entanto estes melhoram a eficiência da operação. As quantidades de polímero normalmente utilizadas para o espessamento de lamas por centrifugação variam entre 0 e 4 kg de polímero seco por mg de matéria seca presente nas lamas. O desempenho de uma centrífuga é quantificado pela concentração de sólidos alcançada e pela recuperação de SST (METCALF & EDDY, 2003). Este tipo de operação está dependente da inter-relação de diversas variáveis, que diferem de localidade para localidade. Nas principais incluem-se as características das lamas, a velocidade de rotação, a carga hidráulica, a velocidade diferencial da rosca e da necessidade do uso de polímeros para aumentar a eficiência (METCALF & EDDY, 2003).

#### **4.1.4 Mesas de Espessamento**

O espessamento de lamas através de Mesas de Espessamento é uma técnica relativamente recente. Segundo Metcalf & Eddy (2003), esta surgiu através de filtros prensa usados para a desidratação de lamas.

Uma mesa de espessamento consiste num equipamento mecânico constituído por uma banda que se move sobre rolos, impulsionados por uma unidade de velocidade variável. Às lamas é adicionado polímero de modo a agregar os sólidos constituintes da lama, criando espaços por onde a água possa percolar, e aquelas são introduzidas no equipamento por uma extremidade, sendo distribuído uniformemente por toda a largura da banda, permitindo que a água escoe pela banda. Após a lama ser espessada e retirada do equipamento, a banda volta para trás atravessando um ciclo de lavagem (METCALF & EDDY, 2003).

Segundo Metcalf & Eddy (2003), "este tipo de equipamento é geralmente utilizado para espessar lamas activadas, sendo que no entanto estes também são utilizados para espessar lamas primárias e lamas digeridas aeróbia e anaerobicamente, assim como algumas lamas industriais". Para além de necessitar da adição de polímero este necessita de um operador durante o seu funcionamento, para assegurar o bom funcionamento do equipamento.

Este tipo de equipamento é normalmente concebido de forma a obter concentrações de matéria seca na ordem dos 5 a 7%, sendo que a sua capacidade de retenção de sólidos varia entre 90 a 98%. Quanto à quantidade de polímero que se tem de utilizar para o espessamento esta varia de 3 a 7 kg de polímero por mg de matéria seca (METCALF & EDDY, 2003).

#### **4.1.5 Tambor Rotativo**

Segundo Metcalf & Eddy (2003), o espessamento de lamas residuais através de um tambor rotativo tem por objectivo a redução do volume de lamas através da rotação de telas cilíndricas. O polímero é misturado com as lamas durante o processo de mistura e condicionamento das lamas destas dentro do tambor rotativo. As lamas são encaminhadas para a seguinte fase de tratamento enquanto a água escoia através da tela. Este tipo de equipamento pode ser considerado como uma unidade de pré-espessamento antes das lamas serem

enviadas para um sistema de desidratação, alguns projectos de estações de tratamento de águas residuais consideram o acoplamento deste tipo de unidades com a desidratação, nomeadamente filtros prensa. É normalmente utilizado em pequenas e médias estações de tratamento de lamas activadas e necessitam de grandes quantidades de polímero.

O espessamento através de um tambor rotativo permite obter concentração de matéria seca nas lamas na ordem do 4 a 9%, assim como uma retenção de sólidos entre os 93 e 99% (METCALF & EDDY, 2003).

De modo a perceber melhor as diferenças entre os diferentes processos de espessamento de lamas, na tabela seguinte é apresentado um resumo das características dos espessadores de lamas discutidos anteriormente.

**Tabela 4-2 – Vantagens e desvantagens de cada tipo de espessador e as lamas a que se aplicam (BUTTZ e DAIGGER, 1998) .**

<b>Tipo de Processo</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>	<b>Aplicações Típicas</b>
<b>Graviticamente, no processo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixos custos</li> <li>- Desempenho eficaz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pode interferir na capacidade do sistema no tratamento da fase líquida;</li> <li>- A eficácia do sistema pode ser limitada por constituintes físicos;</li> <li>- Reduz a flexibilidade do sistema;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lamas primárias;</li> <li>- Lamas químicas;</li> <li>- Lamas provenientes de sistemas de biomassa fixa</li> </ul>
<b>Graviticamente, em separado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eficaz;</li> <li>- Desempenho é relativamente independente do processo de tratamento da fase líquida;</li> <li>- Suporta o aumento de cargas provenientes do tratamento da fase líquida;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevados custos;</li> <li>- Não é eficiente para todo o tipo de lamas;</li> <li>- Pode libertar odores;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lamas primárias;</li> <li>- Lamas químicas;</li> <li>- Lamas provenientes de sistemas de biomassa fixa</li> </ul>

(continua)

**Tabela 4-2 – Vantagens e desvantagens de cada tipo de espessador e as lamas a que se aplicam (continuação)**

<b>Tipo de Processo</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>	<b>Aplicações Típicas</b>
<b>Flotação por ar dissolvido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilidade de operação;</li> <li>- Mecanicamente simples;</li> <li>- A utilização de polímero, leva ao aumento da capacidade do sistema e da capacidade de captura de sólidos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O desempenho deste tipo de órgãos é muito dependente das características das lamas (ex: SVI);</li> <li>- Pode libertar odores;</li> <li>- Consome muita energia;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lamas provenientes de sistemas de biomassa suspensa;</li> </ul>
<b>Centrifugação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eficaz;</li> <li>- Facilidade de operação;</li> <li>- Processo auto-suficiente;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Custos capitais elevados;</li> <li>- Requisitos especiais de manutenção;</li> <li>- Consumos energéticos elevados;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Médias e grandes estações de tratamento de águas residuais;</li> <li>- Lamas químicas e biológicas;</li> </ul>
<b>Mesas de espessamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixos custos capitais;</li> <li>- Custos de operação reduzidos;</li> <li>- Eficaz;</li> <li>- O seu desempenho é um pouco indiferente às características das lamas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessita de Polímero;</li> <li>- Grandes humidades;</li> <li>- Necessita de operador;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lamas biológicas;</li> </ul>
<b>Tambor Rotativo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eficaz;</li> <li>- Facilidade de operação;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessita de grandes quantidades de polímero;</li> <li>- Desempenho dependente das características da lama;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lamas activadas</li> </ul>

## **4.2 Estabilização de Lamas**

De modo a que as lamas produzidas numa ETAR sejam encaminhadas a destino final, sem que provoquem neste ultimo efeitos nocivos, têm de ser estabilizadas de forma a se atingirem os seguintes objectivos: reduzir o seu teor em organismos patogénicos; reduzir ou eliminar o potencial de putrefacção da matéria orgânica; eliminar odores ofensivos (SPELLMAN, 1999).

Existem vários processos que possibilitam a estabilização das lamas. Os principais métodos utilizados para a estabilização das lamas são a estabilização alcalina, a compostagem, ambas para lamas já desidratadas, a digestão anaeróbia e a digestão aeróbia, para lamas espessadas (METCALF & EDDY, 2003).

Segundo Metcalf & Eddy (2003), durante o dimensionamento dos processos de estabilização, é necessário ter em conta o destino final a dar às lamas, de modo a escolher o método mais indicado para a sua estabilização. Para tal é importante ter em conta a quantidade de lamas que necessita tratamento, a integração do processo de estabilização com a restante linha de tratamento de lamas, assim como ter em conta os regulamentos que condicionam a sua aplicação final. A eficiência deste processo é função do efeito da estabilização conseguida ao nível da fracção de sólidos voláteis ou orgânicos das lamas.

### **4.2.1 Estabilização alcalina**

A estabilização das lamas por cal, consiste no aumento do pH das lamas para uma gama de 12 ou superior. Ao adicionarmos cal às lamas destrói-se ou inibe-se a biomassa responsável pela degradação dos compostos orgânicos e inactiva-se os vírus, as bactérias e outros microrganismos, ao tornarmos as lamas impróprias para a sua sobrevivência (EUROPEAN COMMISSION, 2001). O pH elevado vai permitir que as lamas não entrem em putrefacção, não criem odores e não constituam perigo para a saúde pública. Este tipo de tratamento vai também permitir aumentar o teor em matéria seca das lamas, bem como ajudar à sua desinfecção (METCALF & EDDY, 2003).

Segundo European Commission (2001), “normalmente é recomendado adicionar 30% de cal relativamente à matéria seca presente de lamas, caso contrário, o tratamento não poderia evitar a fermentação, a longo prazo”. A estabilização das lamas através da aplicação de cal pode ser utilizada de 3 maneiras distintas: adição da cal às lamas antes do sistema de desidratação; a adição da cal às lamas após estas serem desidratadas; e através de tecnologias avançadas de estabilização alcalina (METCALF & EDDY, 2003).

#### **4.2.2 Compostagem**

Segundo Sousa (2005), “durante este processo as lamas já desidratadas, são misturados com um agente estruturante e são arejados através da adição de ar ou por agitação mecânica, permitindo que o material orgânico sofra degradação biológica”. Durante a decomposição do material orgânico presente nas lamas, o composto atinge temperaturas na ordem dos 50 a 70°C, o que permite que os organismos patogénicos sejam destruídos, e o seu teor de água seja reduzido, podendo-se obter concentrações de matéria seca na ordem dos 60%. Deste processo resulta um composto estável e inodoro que pode ser aplicado como correctivo do solo, podendo essa aplicação ser restringida por eventuais constituintes das lamas (METCALF & EDDY, 2003).

Segundo Metcalf & Eddy (2003), durante este processo de estabilização, a degradação da matéria orgânica vai resultar numa redução na ordem dos 20% a 30% de sólidos voláteis. Estes são convertidos em dióxido de carbono e em água. Existem vários processos de compostagem, entre os quais anaeróbios e aeróbios, sendo que são os aeróbios aqueles que são mais utilizados embora estes nunca o cheguem a ser na sua totalidade. A pilha de arejamento estático, as pilhas de arejamento forçado e reactor ou vaso, são os três principais sistemas de compostagem aeróbia (METCALF & EDDY, 2003).

#### **4.2.3 Digestão anaeróbia**

Segundo Sousa (2005), a digestão anaeróbia tem por objectivo a decomposição da matéria orgânica e inorgânica na ausência de oxigénio e a eliminação de organismos patogénicos, sendo que também pode permitir a sua redução de volume.

Este é dos sistemas mais utilizados na estabilização de lamas nas estações de tratamento, pois através do seu processo ocorre a produção do biogás, que pode ser aproveitado na produção de energia térmica e eléctrica, evitando desta forma a libertação de gases para a atmosfera, assim como permite obter um sub-produto estabilizado, inofensivo, livre de organismos patogénicos e que pode ser reutilizado de forma benéfica na agricultura. Existem muitos casos em que a quantidade de biogás formado permite suprimir os gastos energéticos de toda a estação (METCALF & EDDY, 2003).

A matéria seca que compõe as lamas que vão ser digeridas é constituída por 70% de matéria orgânica e 30% de matéria inorgânica. Muita da água constituinte das lamas encontra-se agregada à matéria seca, sendo a sua dissociação muito difícil. Os organismos facultativos e anaeróbicos têm a capacidade de romper essa estrutura molecular desses sólidos e permitir a sua dissociação (DRINAN, 2001).

A digestão anaeróbia divide-se em três fases principais. A primeira fase é onde ocorre a hidrólise das macromoléculas ou compostos orgânicos complexos, como proteínas, hidratos de carbono e gorduras, em componentes menores, como glicose, aminoácidos, e ácidos gordos, pela acção de enzimas extra-celulares. Os produtos resultantes deste processo são compostos mais simples. Na segunda fase, também denominada de acidogénese, ocorre a produção de compostos ácidos a partir dos componentes menores já citados. As bactérias fermentativas que se formaram convertem a matéria orgânica solubilizada em ácidos orgânicos. Durante esta fase não existem grandes alterações quanto à quantidade de matéria orgânica no sistema, no entanto existe uma redução de pH. Na última fase, metanogénese, ocorre a conversão dos ácidos orgânicos voláteis em metano e dióxido de carbono formando-se biogás. Este processo é efectuado pelas bactérias metanogénicas que se dividem em dois grupos, um que forma metano a partir de ácido acético ou metanol e o segundo que produz metano a partir do hidrogénio e dióxido de carbono (QASIM, 1999).

Segundo Qasim (1999), o processo anaeróbio é essencialmente controlado pelas bactérias que dão origem ao metano. Essas bactérias são muito sensíveis ao pH, à composição das lamas e à temperatura. As bactérias do metano são muito activas no seu estado mesofílico (27°C – 43°C) e termofílico (45°C - 65°C), sendo que de uma forma geral os digestores anaeróbios funcionam na gama das temperaturas mesofílicas.



Segundo Sousa (2005), existem quatro tipos de digestores anaeróbios, comumente utilizados para a estabilização anaeróbia das lamas: digestão em baixa carga; digestão em alta carga; contacto anaeróbio; e separação de fases. Inicialmente o tipo de digestores utilizado eram os de baixa-carga, no entanto com o desenvolvimento das novas tecnologias, começou-se a aplicar digestores de alta-carga. Estes diferem dos de baixa-carga a nível do aquecimento e mistura de lamas, o que permitiu reduzir o tempo de retenção no digestor assim como diminuir o volume do órgão (DAIGGER et al, 1999).

#### **4.2.4 Digestão aeróbia**

Segundo Metcalf & Eddy (2003), "a digestão aeróbia das lamas consiste num processo semelhante ao processo de lamas activadas". As lamas são enviadas para um tanque onde são continuamente arejadas por grandes períodos de tempo, superiores a 20 dias. O arejamento pode ser fornecido de forma natural ou através de arejadores mecânicos ou difusores de ar (SPELLMAN, 2003). Este tipo de digestão é geralmente aplicado a lamas activadas, a mistura de lamas activadas ou de lamas de leitos percoladores e lamas primárias, lamas de estações de arejamento prolongado e a lamas activadas provenientes de estações de tratamento onde não ocorre decantação primária (METCALF & EDDY, 2003).

Este tipo de digestão consiste na oxidação da matéria orgânica biodegradável, levando a um aumento da biomassa bacteriana. Quando deixa de haver substrato disponível, os microrganismos começam a consumir o seu próprio protoplasma para a obtenção de energia para que o seu processo celular se mantenha, passando desta forma as bactérias para uma fase endógena. Segundo Metcalf & Eddy (2003), apenas cerca de 75% a 80% do tecido celular é oxidado aerobicamente em dióxido de carbono, água e amónia, sendo os restantes 20% a 25% correspondentes a componentes inertes e compostos orgânicos que não são biodegradáveis.

Segundo Sousa (2005), existem vários processos de digestão aeróbia, sendo que os mais utilizados são a digestão aeróbia convencional, a digestão aeróbia em "batch" ou em contínuo e a digestão aeróbia com injeção de oxigénio puro.

De acordo com Metcalf & Eddy (2003), este método de estabilização de lamas apresenta algumas vantagens e desvantagens quando comparado com a estabilização de lamas por

digestão anaeróbia. Relativamente às vantagens, é possível obter, através de uma digestão aeróbia concentrações de sólidos voláteis muito próximas das que se obtêm através da digestão anaeróbia, o seu sobrenadante apresenta menores concentrações de CBO, oferece um produto final estabilizado e inodoro, permite obter características fertilizantes mais elevadas nas lamas, são fáceis de operar e tem um baixo custo capital. Já no que diz respeito às desvantagens este tipo de processo tem maiores custos energéticos associados, devido ao fornecimento de oxigénio e ao não reaproveitamento do biogás, produz uma lama digerida que é dificilmente desidratada por sistemas mecânicos e o processo é significativamente afectado pela temperatura, localização, concentração dos afluentes, o tipo de arejamento utilizado, o tipo de material de que é composto o tanque e o tipo de tanque.

### **4.3 Condicionamento**

O condicionamento de lamas consiste no tratamento das lamas através de tratamentos químicos e físicos, de modo a facilitar a separação das fracções sólida e líquida, nos processos seguintes, espessamento ou desidratação (UNITED NATIONS, 2003). Segundo Sousa (2005), "este processo permite também a desinfecção dos sólidos das águas residuais, o controlo dos odores, a alteração física dos sólidos e promover a sua recuperação".

As partículas constituintes de uma lama residual são muito finas, possuem muita água bem como carga electrostática, tornando a desidratação das lamas bastante difícil. O condicionamento das lamas vai permitir destabilizar os sólidos das lamas tornando os sistemas de desidratação mais eficazes. Este processo de destabilização permite que as partículas pequenas se juntem formando agregados maiores, este aumento vai facilitar a sua retenção nas operações de tratamento seguintes (QASIM, 1999).

Os dois métodos de condicionamento mais usualmente aplicados são a adição de produtos químicos, orgânicos ou inorgânicos, e tratamento térmico. Outros processos de condicionamento incluem o congelamento, irradiação e elutriação (UNITED NATIONS, 2003). Em seguida serão apresentados os três métodos mais usuais utilizados no condicionamento das lamas.

### **4.3.1 Condicionamento por adição de químicos inorgânicos**

O condicionamento químico é geralmente utilizado antes da desidratação mecânica das lamas. Os dois tipos de condicionadores inorgânicos mais usados são os sais de ferro e a cal. Estes condicionadores vão permitir que as lamas que são enviadas para a desidratação, consigam obter uma redução de cerca de 25% no seu teor de humidade. Deste modo é possível obter uma lama com um teor de humidade na ordem dos 65% a 85%. (UNITED NATIONS, 2003).

De acordo com United Nations (2003), quando o cloreto férrico é adicionado à água hidrolisa e forma complexos de ferro com carga positiva, que facilmente se agregam à lama e visto esta ter uma carga negativa, dá-se a sua neutralização. Também vai reagir com os bicarbonatos alcalinos das lamas, formando hidróxidos que floculam. No que diz respeito à cal, esta geralmente é utilizada em conjunto com os sais de ferro, permitindo deste modo um controlo do pH, a redução de odores indesejáveis, assim como a desinfecção das lamas. Segundo Albertson (1991), o condicionamento das lamas por este meio vai provocar um aumento na ordem dos 15 a 30% na quantidade de matéria seca, o que acarreta mais custos para a estação no encaminhamento das lamas a destino final.

### **4.3.2 Condicionamento por adição de químicos orgânicos**

O condicionamento por adição de químicos orgânicos, consiste na aplicação de polímeros orgânicos, os polieletrólitos. Os polímeros são moléculas de cadeia longa, solúveis em água e podem ser classificados pela sua forma carga e peso molecular. Os polímeros disponíveis podem ser catiónicos (+), aniónicos (-) ou neutros. Os que geralmente são utilizados são os polímeros catiónico, dada a carga negativa que as partículas constituintes das lamas apresentam, permitindo desta forma neutraliza-las (GIROVICH (1996) e QASIM (1999)).

O uso de polímeros orgânicos para o condicionamento das lamas, tem sido cada vez mais utilizado, comparativamente com os polímeros químicos inorgânicos, uma vez que a sua aplicação não aumenta significativamente a quantidade de matéria seca presente nas lamas. Estes químicos são ainda mais seguros e fáceis de manusear que os inorgânicos (QASIM, 1999).

### 4.3.3 Condicionamento térmico

Este tipo de condicionamento, é uma tecnologia recente que consiste na aplicação simultânea de calor e pressão, alterando as características de desidratação das lamas. Este processo também permite estabilizar as lamas (METCALF & EDDY, 2003).

Segundo Albertson (1991), as lamas são aquecidas até temperaturas na ordem dos 177 a 204 °C, num reactor que é mantido a pressões na ordem dos 1720 a 2750 kPa, durante um curto intervalo de tempo que vai dos 15 aos 40 minutos. Após este condicionamento as lamas são encaminhadas para a desidratação, onde se podem atingir lamas constituídas por 30 a 50% de matéria seca, sem que para tal sejam utilizados polímeros (ALBERTSON, 1991). De acordo com United Nations (2003), o sobrenadante deste tipo de instalação pode necessitar de ser recolhido e tratado previamente antes de ser encaminhado obra de entrada, pois possui elevadas concentrações de CBO.

O calor a que estas lamas são submetidas vai fazer com que se eliminem grande parte dos microrganismos patogénicos presentes, tornando as lamas estabilizadas. No entanto as suas desvantagens superam as vantagens, pois necessita de supervisão rigorosa, dum programa de manutenção, do tratamento do subproduto gasoso formado antes de este ser lançado para a atmosfera bem como tem um custo de capital elevado (SOUSA, 2005). De modo a se ter uma melhor ideia das vantagens e desvantagens de cada um destes processos de condicionamento das lamas é apresentado a Tabela 4-3:

**Tabela 4-3 – Vantagens e desvantagens dos diversos tipos de condicionamento de lamas.  
(UNITED NATIONS, 2003)**

Condicionamento	Vantagens	Desvantagens
<b>Químicos Inorgânicos</b>	- Melhoria da coesão das partículas e da densidade da lama	- Aumento da matéria seca - Redução do seu conteúdo em matéria orgânica - Processo lento
<b>Químicos orgânicos</b>	- Redução da do volume da lama - Não altera o seu potencial agrícola - Utiliza menores quantidades de produto - Fácil de manusear e transportar	- Preço dos reagentes
<b>Aquecimento</b>	- Pode ser aplicado a todo o tipo de lamas - Processo eficiente e estável - Estabiliza e desinfecta as lamas - Volume de lamas pequeno	- Consumos energéticos elevados - Maus cheiros - Aumento da carga poluidora nas lamas

#### **4.4 Desidratação**

Após os tratamentos de espessamento e digestão de lamas, estas ainda contem elevados teores de humidade, pelo que são submetidas a um processo de desidratação. Este processo é a ultima operação de tratamento da fase sólida e permite uma diminuição significativa do volume, podendo atingir reduções na ordem dos 90% (OUTWATER, 1994).

A remoção da humidade das lamas, tem por objectivo a redução de volume das lamas, de modo a reduzir os custos associados ao seu encaminhamento a destino final, pois o seu transporte apresenta custos associados que estão directamente ligados ao peso/volume de lamas (METCALF & EDDY, 2003). Como já foi referido anteriormente, o processo de tratamento da fase sólida corresponde a quase 50% dos custos associados ao bom funcionamento de uma estação de tratamento de águas residuais, sendo que grande parte desses estão associados ao transporte a destino final dos resíduos biológicos obtidos (SPELLMAN, 2000).

Segundo Metcalf & Eddy (2003), o tipo de processo de desidratação adoptado terá de ter em conta factores como o tipo de lamas a serem desidratadas, o espaço disponível e o destino final a dar-lhes. As lamas podem ser desidratadas através de processos naturais ou através de

processos mecânicos. Os sistemas naturais baseiam-se na evaporação e na percolação na desidratação das lamas, enquanto que os sistemas mecânicos se baseiam na utilização de meios físicos com a utilização de energia externa (METCALF & EDDY, 2003).

Segundo Outwater (1994), as partículas de água existentes nas lamas encontram-se sob 4 maneiras distintas: livre, água capilar, coloidal e intra-celular. A água que se encontra livre entre as partículas constituintes das lamas pode ser facilmente separada por gravidade. No que diz respeito à "água capilar" e coloidal, estas podem ser removidas por tratamento mecânico após terem sofrido condicionamento químico. A água que se encontra dentro das células, intra-celular, pode ser removida através de um tratamento térmico, de modo a destruir a sua estrutura celular. Os sistemas naturais de desidratação são geralmente menos caros do que os sistemas de desidratação mecânica. No entanto os resultados podem não ser os espectáveis, pois não existe grande controlo sobre estes. Contudo, em grandes estações de tratamento bem como naquelas onde o espaço é um factor limitante, os processos mecânicos são os escolhidos (OUTWATER (1994) e SOUSA (2005)).

Durante este capítulo serão ainda discutidas as operações mais usuais, no que à desidratação de lamas diz respeito.

#### **4.4.1 Leitos de secagem**

O processo de desidratação de lamas por leitos de secagem, constitui uma das técnicas mais utilizadas na separação sólido-líquido das lamas residuais. É também uma das técnicas de desidratação mais simples de operar. Segundo Metcalf & Eddy (2003), "os leitos de secagem são normalmente utilizados na desidratação de lamas estabilizadas, provenientes de estações de tratamento que utilizam sistemas de arejamento prolongado, sem pré-espessamento".

A desidratação por leitos de secagem baseia-se em dois processos físicos: drenagem e evaporação da água. O tratamento consiste na deposição das lamas nos leitos, onde parte dessa água é drenada e recolhida, e depois encaminhada para a obra de entrada da estação e a outra parte evapora por acção da radiação solar. Por estes motivos este sistema é considerado o mais simples e mais barato método de desidratação de lamas (SPELLMAN, 2003).

No entanto vários factores podem influenciar o tempo de residência nos leitos, de modo a atingirem as concentrações de sólidos pretendidos, que são de 40 a 60%. Destes destacam-se: o clima, a localização geográfica da estação torna-se por isso um factor limitante à aplicação deste tipo de operação; a profundidade de aplicação das lamas, a altura das lamas nos leitos tem um impacto importante sobre o tempo necessário para a secagem; o tipo de lama aplicada, a qualidade e concentração das lamas irá influenciar o tempo de residência; e a existência de cobertura, de modo a evitar que eventuais tempestades retardem o processo de secagem (SPELLMAN, 2003).

A aplicação de leitos de secagem apresenta como principais vantagens o facto de terem um baixo custo de operação, requererem de pouca atenção por parte do operador e apresentarem um elevado teor em sólidos. Por seu lado, as maiores desvantagens são as suas necessidades em termos de espaço, os efeitos das mudanças climáticas, o trabalho intensivo para a sua remoção, bem como o potencial de formação de odores e capacidade para atrair insectos e o facto de serem morosos (METCALF & EDDY, 2003).

Segundo Metcalf & Eddy (2003), os processos mais usuais em termos de desidratação de lamas por leitos de secagem são os leitos de areia convencionais, leitos pavimentados, meios de filtração artificiais, assistidos por vácuo e secagem térmica. Em seguida estes serão explicados mais detalhadamente.

#### **4.4.1.1 Leitos de areia**

São leitos constituídos por uma camada de areia grossa e por uma camada de brita, que se encontram por cima de por tubos perfurados, que possibilitam a drenagem das águas. As lamas são depositadas por cima do leito e ficam a céu aberto, até se encontrarem secas (UNITED NATIONS, 2003). Segundo Metcalf & Eddy (2003), através deste processo conseguem-se obter lamas com 60% de sólidos após 15 dias, nas condições meteorológicas óptimas, sendo que as lamas são retiradas manualmente. De acordo com a mesma fonte, a desidratação de lamas através de leitos de secagem convencionais é geralmente aplicada nas estações de pequenas e médias dimensões e onde as populações são inferiores a 20000 habitantes.

#### **4.4.1.2 Leitos de secagem pavimentados (Paved beds)**

Este tipo de leito de secagem é muito semelhante aos leitos convencionais, ou de areia, em termos do seu sistema de drenagem. Têm sido utilizados dois tipos de leitos pavimentados em alternativa ao leito constituído por areia, de secagem e de decantação. Estes últimos têm associado uma fase de secagem (METCALF & EDDY, 2003).

Os leitos pavimentados de secagem, em termos da drenagem das águas é muito parecido com os leitos convencionais. No entanto estes possuem um processo de remoção de lamas, "*front-end loader*", e podem estar equipados por um equipamento móvel que permite a agitação das lamas. No entanto estes sistemas necessitam de mais área que os leitos convencionais (METCALF & EDDY, 2003).

Segundo Metcalf & Eddy (2003), os leitos pavimentados de decantação, são uma operação vantajosa para regiões quentes, áridas e semi-áridas. Estas encontram-se dependentes da decantabilidade do sobrenadante e da capacidade de mistura das lamas para que ocorra a evaporação. A concentração de sólidos nas lamas finais pode ir de 40 a 50% após 30 a 40 dias de secagem.

#### **4.4.1.3 Meios de filtração artificiais (Artificial-media drying beds)**

Estas são compostas de leitos construídos a partir de meios artificiais, como aço inoxidável ou poliuretano de alta densidade. Ambos os leitos permitem obter lamas com concentrações de sólidos na ordem dos 8 a 12% (METCALF & EDDY, 2003).

Os leitos compostos por aço inoxidável, são constituídos por barra de aço dispostas na horizontal, criando um fundo falso, permitindo criar meios de drenagem. O processo de drenagem é controlado por uma válvula de saída, favorecendo o processo de desidratação. Este processo, é um processo onde a drenagem não para e é rápida, não ocorre entupimento entre as brechas, pode receber lamas provenientes de digestores aeróbios e não tem grandes problemas de manutenção. No entanto tem custos muito mais elevados que os leitos convencionais (METCALF & EDDY, 2003).



Por sua vez os leitos compostos por poliuretano de alta densidade são constituídos por painéis fixos sobre uma laje inclinada. Cada secção possui uma área, cerca de 8%, equipada de um sistema de drenagem embutido, permitindo a desidratação. Este equipamento pode desidratar qualquer tipo de lama. O sobrenadante apresenta baixas concentrações de CBO. Estes e são fáceis de limpar (METCALF & EDDY, 2003).

#### **4.4.1.4 Leitos de secagem assistidos por vácuo**

Este é um processo que permite que a desidratação e secagem de lamas se tornem mais rápidas, do que através de um sistema convencional. Este processo é constituído por placas porosas que por baixo tem associadas uma câmara de vácuo (METCALF & EDDY, 2003).

As lamas antes de serem enviadas para este tipo de operação têm de ser quimicamente condicionadas, sendo depois enviadas para os leitos onde iniciam o seu processo de drenagem das águas, por acção da gravidade, sendo que depois sofrem a acção do vácuo. Após este processo as lamas são deixadas ao ar durante 24h a 48h e são retiradas dos leitos (METCALF & EDDY, 2003).

Estes são processos muito rápidos diminuindo assim qualquer acção climatérica sobre as lamas secas, bem como este é o processo de leitos de secagem que requer menor área, no entanto é necessária uma dose adequada de polímero para que o processo seja satisfatório (METCALF & EDDY, 2003).

#### **4.4.1.5 Estufa de secagem de lamas**

O processo de secagem térmica tem por objectivo elevar a temperatura das lamas de modo a que parte do seu teor de humidade desapareça por evaporação, este processo ocorre dentro de uma estufa (METCALF & EDDY, 2003). É um processo simples e favorável para o ambiente. A energia para o seu aquecimento normalmente é a solar. No entanto outras fontes de energia podem ser usadas. O biogás proveniente de digestores anaeróbios são um exemplo (FERREIRA e NISHUYAMA 2003).

Segundo Ferreira e Nishuyama (2003), nesta operação unitária podem ser utilizados todos os tipos de lama, no entanto para que se possam atingir os valores de concentração final de matéria seca é aconselhável que as lamas que são encaminhadas para a secagem térmica tenham sofrido já um processo de desidratação mecânica de forma a que o teor de sólidos da lama encaminhada seja de 15 a 30%.

As lamas são introduzidas na estufa onde são distribuídas homogeneamente por meio de um transportador/revolvedor mecânico, que trabalha de forma contínua. Este processo vai permitir que as lamas sejam continuamente misturadas e arejadas, evitando-se assim a libertação de odores desagradáveis e promove a “produção” de um composto mais concentrado, que acarreta menores custos de encaminhamento a destino final (HANS HUBER AG).

Após o tratamento térmico na estufa, as lamas apresentam-se em forma de peletes, estas encontram-se estabilizadas e livres de organismos patogénicos devido às altas temperaturas a que estiveram sujeitas. Por este mesmo motivo o seu teor em humidade é significativamente reduzido, devido à evaporação da água, passando a apresentar um teor de matéria seca na ordem dos 65 a 70% (FERREIRA e NISHUYAMA, 2003).

#### **4.4.2 Lagoas de secagem**

Segundo Metcalf & Eddy (2003), as lagoas de secagem são um processo natural de desidratação de lamas, que pode substituir os leitos convencionais, no tratamento da lama digerida. As lagoas de secagem têm finalidade e funcionamento idênticos aos leitos de secagem convencionais, dos quais diferem fundamentalmente, no que se refere ao sistema de drenagem, menos eficiente no caso das lagoas, e à profundidade a que são colocadas as lamas. Nas lagoas de secagem as lamas estão a profundidades de 3 a 4 vezes superiores aos leitos convencionais (MATHAI e TUROVSKII). A par dos leitos convencionais, também estas só podem ser aplicadas quando existe disponibilidade de terreno. Estão dependentes de factores climáticos, como a chuva e as baixas temperaturas (METCALF & EDDY, 2003).

A desidratação nas lagoas ocorre de três formas diferentes, através de drenagem, evaporação e transpiração, sendo a evaporação o principal processo de desidratação. De forma a que as

lamas encaminhadas para as lagoas não produzam odores desagradáveis, estas devem ser previamente estabilizadas (MATHAI e TUROVSKII). De acordo com Metcalf & Eddy (2003), as lagoas de secagem devem ser aplicadas nas regiões onde as taxas de evaporação são elevadas.

A lama estabilizada é encaminhada para a lagoa onde permanece desde vários meses a vários anos, até atingir as concentrações pretendidas que variam de 25% a 30%, sendo removidas de forma mecânica. De uma forma geral as lamas são enviadas para a lagoa durante 18 meses. Após este período a lagoa deve permanecer durante 6 meses em repouso. Por este motivo devem ser construídas no mínimo duas células, de forma a atender aos períodos de limpeza, manutenção e situações de emergência (METCALF & EDDY, 2003).

#### **4.4.3 Centrifuga**

A desidratação de lamas através de centrifugação consiste na separação da fracção sólida da fracção líquida pela aplicação de forças centrífugas, permitindo desta forma obter uma separação das fracções mais rapidamente. Segundo Ferreira e Nishuyama (2003), através das centrífugas e dos espessadores gravíticos, é possível obter a separação das fracções sólido-líquido pela diferença de densidade entre estas. No entanto no caso das centrífugas, as forças mecânicas aplicadas são muito superiores.

As forças centrífugas, que estes órgãos aplicam às lamas, vão levar a que a fase sólida seja pressionada contra a parede interna da centrífuga, sendo desta forma compactadas. Dentro de centrífuga existe uma rosca transportadora, que gira a uma velocidade inferior à do tambor empurrando a lama que se encontra nas paredes para fora do órgão. A este composto final dá-se o nome de concentrado (FERREIRA e NISHUYAMA, 2003).

O seu desempenho é traduzido pelos seguintes parâmetros: concentração final de matéria seca, capacidade de retenção de sólidos e quantidade de produtos químicos, polímeros, utilizada. Durante o seu funcionamento não ocorre emissão de odores desagradáveis, nem de aerossóis evitando-se, assim, possíveis contaminações.

Segundo Metcalf & Eddy (2003), o processo de desidratação por centrífuga permite atingir concentrações finais de matéria seca de 10 a 30% e com elevadas taxas de retenção de sólidos, de modo a aumentar a eficiência destes órgãos, são comumente utilizados polímeros.

#### **4.4.4 Filtros Banda**

Segundo Metcalf & Eddy (2003), os filtros banda são sistemas de desidratação de lamas que se baseiam nos seguintes princípios: condicionamento químico, drenagem gravítica e aplicação de pressão mecânica. Este processo de desidratação é constituído por quatro etapas: zona de condicionamento com polímero, zona de drenagem por gravidade da água em excesso, zona de baixa pressão e zona de alta pressão (UNITED NATIONS, 2003).

Segundo Metcalf & Eddy (2003), um sistema de filtro banda típico é constituído por sistemas de bombagem de lamas, sistemas de adição de polímero, tanque de mistura, onde ocorre a floculação das lamas, banda, o tapete transportador das lamas e os sistemas de apoio, que engloba o sistema de lavagem e o sistema de ar comprimido.

Antes de serem introduzidas no filtro as lamas são misturadas com o polímero, sendo depois encaminhadas para a zona de drenagem, constituída por um plano ligeiramente inclinado, onde por acção da gravidade a água drena. Esta acção pode ser assistida por um sistema de vácuo, o que aumenta a eficiência da drenagem e pode ajudar a evitar odores. Em seguida as lamas são prensadas entre duas bandas, onde se podem distinguir duas zonas, a de baixa pressão e a de alta pressão, sendo raspadas no final do processo (METCALF & EDDY, 2003).

O processo de desidratação por filtro banda permite atingir concentrações finais de matéria seca de 12 a 30%, sendo que a de retenção de sólidos varia geralmente entre 85 e 98%. O bom condicionamento químico é a chave para que o sistema de desidratação apresente um bom desempenho e as lamas apresentem um aspecto consistente (OUTWATER, 1994).

#### **4.4.5 Filtro prensa**

De todos os sistemas de desidratação convencionais, o sistema por filtro prensa é aquele que consegue atingir o maior grau de desidratação, chegando a atingir lamas com um teor de

sólidos entre 30 e 45% (EUROPEAN COMMISSION, 2001). No entanto os seus custos de investimento são bastante elevados, especialmente para as estações que tratam grandes caudais (FERREIRA e NISHUYAMA, 2003).

Para além das características citadas anteriormente, este tipo de equipamento tem como característica principal o seu alto grau de fiabilidade. Este permite obter uma elevada captura de sólidos, tornando o seu sobrenadante, um efluente líquido bastante clarificado, sem que para tal sejam necessárias grandes quantidades de polímero. Por outro lado são equipamentos mecânicos muito complexos que necessitam de substituição regular das telas de filtração e de mão-de-obra qualificada. Os custos associados à sua operação são elevados (FERREIRA e NISHUYAMA, 2003).

Os dois tipos de filtro prensa mais utilizados são os de volume fixo e de volume variável, ambos constituídos por um conjunto de placas que submetem as lamas a altas pressões. Estes dois tipos de filtro prensa tem o mesmo sistema de operação, no entanto os filtros de volume variável possuem uma membrana de borracha que é colocada por trás da tela filtrante. A expansão da membrana de borracha durante a compressão permite reduzir mais volume às lamas (UNITED NATIONS, 2003).

Este tipo de processo permite desidratar as lamas através da aplicação de altas pressões sobre as mesmas através de uma operação mecânica. O equipamento é composto por um conjunto de placas, posicionadas consecutivamente e revestidas por telas filtrantes permeáveis ao líquido. As lamas são injectadas para o equipamento onde passaram a sofrer altas pressões entre as placas, permitindo a drenagem do sobrenadante pelas telas, que é conduzido até colectores específicos e encaminhado para a cabeça da estação (UNITED NATIONS, 2003). Segundo Ferreira e Nishuyama (2003), o ciclo de operação do filtro prensa varia entre 3 a 5 horas, período após o qual as lamas são removidas através da separação das placas.

De modo a ser mais perceptível as diferenças entre os vários processos de desidratação bem como o grau de desidratação que estes podem atingir, é apresentado na Tabela 4-4:

**Tabela 4-4 – Vantagens e desvantagens dos métodos tradicionais de desidratação e o seu grau de desidratação (adaptado de METCALF (2003) e SPELLMAN (1997))**

<b>Método de desidratação</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>	<b>Concentração final de sólidos</b>
<b>Centrifuga</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aparência limpa, capacidade de reter odores, capacidade de iniciar e parar o processo rapidamente</li> <li>- Produção de um composto relativamente seco</li> <li>- Custo de investimento relativamente barato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grandes problemas de manutenção</li> <li>- Exige a remoção do grão formado e possivelmente, um moedor de lamas no seu sistema de alimentação</li> <li>- Necessários operadores especializados</li> <li>- Teor em sólidos suspensos moderadamente elevados</li> </ul>	20% - 25%
<b>Filtro Banda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumos energéticos reduzidos</li> <li>- Custos de investimento e de operação relativamente baixos</li> <li>- Processo mecânico pouco complexo e de fácil manutenção</li> <li>- Equipamentos de alta pressão são capazes de produzir um composto bastante seco</li> <li>- Não é complicado de terminar a sua operação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emissão de odores</li> <li>- Necessita de um moedor de lamas no seu sistema de alimentação</li> <li>- Muito sensível às características das lamas</li> <li>- Operação automática, geralmente, não é recomendada</li> </ul>	12% - 30%
<b>Filtro prensa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atinge os maior grau de desidratação</li> <li>- Boa retenção de sólidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Custos do equipamento e operação são elevados</li> <li>- Necessita de equipamento de suporte especial</li> <li>- Necessita de grandes áreas para a sua instalação</li> <li>- Necessita de operadores especializados</li> <li>- Aumento da quantidade de sólidos pelas grandes adições de químicos</li> <li>- Operação “batch”</li> </ul>	35% – 45%

(continua)

**Tabela 4-4 – Vantagens e desvantagens dos métodos tradicionais de desidratação e o seu grau de desidratação (Continuação)**

<b>Método de desidratação</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>	<b>Concentração final de sólidos</b>
<b>Leitos de secagem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixos custos de investimento, onde existe disponibilidade de terras</li> <li>- Não necessita de operadores especializados</li> <li>- Baixo consumo energético</li> <li>- Baixo consumo de reagentes</li> <li>- Pouco sensíveis às variações das características das lamas</li> <li>- Atinge desidratações superiores aos processos mecânicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessita de grandes áreas para a sua implementação</li> <li>- Só pode receber lamas estabilizadas</li> <li>- O seu dimensionamento e forma têm de ter em conta a zona geográfica</li> <li>- A remoção das lamas tem de ser manual</li> </ul>	40% - 65%
<b>Lagoas de secagem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixos consumos energéticos</li> <li>- Não necessita de agentes químicos</li> <li>- A matéria orgânica atinge grandes graus de estabilização</li> <li>- Custos de investimento baixos, onde há disponibilidade de terras</li> <li>- É o sistema que necessita de menos manutenção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potencial para criar odores a atrair insectos</li> <li>- Potencial para contaminar águas subterrâneas</li> <li>- Aparência desagradável</li> <li>- O seu dimensionamento tem de ter em conta os efeitos climáticos</li> </ul>	30%

## 4.5 Secagem térmica

A secagem térmica é uma operação que tem por objectivo evaporar a água que continua agregada as lamas residuais, através da exposição das lamas a altas temperaturas num meio saturado, após estas terem sofrido um processo de desidratação, de modo a reduzir o seu volume (SOUSA, 2005).

A secagem térmica de lamas é um processo de operação relativamente dispendioso, pois necessita de combustível de forma a poder transferir calor para as lamas e necessita de de atenção por parte do operador (SOUSA, 2005).

Durante a secagem das lamas o aquecimento a que estas são sujeitas não chega a atingir o ponto no qual começa a ocorrer a destruição da matéria orgânica. Dessa forma, as lamas não perdem o seu valor fertilizante. Este sistema permite reduzir os custos de transporte a destino final, destruir os organismos patogénicos, bem como permite melhorar a capacidade de armazenamento das lamas. Através deste processo é possível obter um composto constituído com teores de sólidos na ordem dos 90% a 95%, o que aumenta o poder calorífico das lamas, tornando-se mais adequadas para a incineração ou para aplicação em solos agrícolas (SOUSA, 2005).

Segundo Metcalf & Eddy (2003), a classificação dos secadores térmicos é baseada na transferência de calor às lamas. Estes métodos são a convecção, a condução, a radiação ou a sua mistura. Existem dois tipos de secagem térmica, os secadores directos, ou de convecção, e os secadores indirectos, de condução. A grande diferença, como o próprio nome indica, reside no modo como as lamas são aquecidas. Nos secadores directos o fluido térmico está em intenso contacto com as lamas, dos quais se destacam a secagem rápida, a secagem por tambor rotativo, a secagem por leito fluidizado e por banda, enquanto no indirectos, a lama está separada do fluido por uma superfície intermediária, sendo que o calor é transferido para o material a ser seco por condução de calor através de uma superfície de transferência de calor. Os diferentes secadores indirectos existentes são os de camada fina, os de discos, os de feixes tubulares, de banda (radiação), os de pratos e os de pás (EUROPEAN COMMISSION (2001) e SOUSA (2005)).



## 5 DESTINO FINAL DAS LAMAS DE ETAR

Como já foi referindo anteriormente, as lamas são compostas por co-productos das várias fases de tratamento de águas residuais. Apesar de conterem componentes com interesse agrícola (matéria orgânica, azoto, fósforo e potássio, ou em menor escala, cálcio, enxofre e magnésio), também contêm poluentes, normalmente associados a metais pesados, poluentes orgânicos e patogénicos. As características de uma lama são directamente ligadas à água residual que lhe deu origem, assim como a sequência de tratamentos (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

Segundo a European Commission (2001), "a lama deverá ser tratada antes de deposição ou reciclagem de forma a reduzir o seu conteúdo em água, a sua capacidade de fermentação ou a presença de patogénicos". Após tratamento as lamas provenientes de água residual podem ser recicladas ou encaminhadas a destino final maioritariamente por três vias: reciclagem na agricultura (espalhamento), incineração ou aterro. Outras hipóteses, mais recentes e menos desenvolvidas, têm aparecido como a silvicultura, recuperação de terras assim como outras formas emergentes de combustão tal como a oxidação húmida, pirólise e gaseificação (BRESTER et al, 1997). Cada um destes tipos de destino final tem os seus inputs, outputs e impactos (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

### 5.1 *Espalhamento*

O espalhamento de lamas ou de material derivado permite substituir parcialmente o uso de fertilizantes, visto que contêm componentes de interesse agrícola. Como é óbvio, as lamas contêm matéria orgânica, no entanto não está presente sob a forma e quantidade capaz de, só por si, trazer benefícios às características físicas do solo.

No entanto, este processo implica que alguns poluentes presentes na lama passem para o solo através de diferentes transformações ou processos de transferência. Estes incluem lixiviação, escoamento superficial, transformação microbiana, absorção pelas plantas e volatilização o que permite que os poluentes fiquem na água e no ar, permitindo consequentemente que entrem na cadeia alimentar. Para que as lamas provenientes de uma estação de tratamento possam ser

usadas para valorização agrícola, é necessário que o seu tratamento permita cumprir todos os desígnios legais inerentes a esta prática (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

## **5.2 Incineração**

A incineração de lamas, reacção de combustão, pode ocorrer em estações dedicadas a este propósito, chamando-se mono-incineração, ou pode ocorrer sendo usado como combustível em estações dedicadas à produção de energia ou outros materiais. Actualmente, existem outras tecnologias em desenvolvimento, como a oxidação húmida e a pirólise (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

Este processo de reciclagem de lamas possui alguns inconvenientes uma vez que os poluentes presentes na lama podem passar para o ar (partículas, gases ácidos, gases de efeito de estufa, metais pesados ou compostos orgânicos voláteis), para a água (tratamento de gases) ou para o solo (resíduos gasosos em aterro sanitário, deposição de cinzas ou deposição de partículas presentes no ar). As emissões para o ar podem ser reduzidas através do tratamento dos gases provenientes do processo de incineração, mas estão directamente relacionadas com as características das lamas (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

## **5.3 Aterro**

Segundo European Commission (2001), existem duas hipóteses às quais se pode recorrer quando se pretende enviar lamas para aterro: os mono-depósitos, onde apenas lamas são depositadas, ou os depósitos mistos, mais comuns, onde as lamas se juntam aos resíduos municipais para formar o aterro .

Os inputs incluem combustíveis, energia ou lixiviados produzidos no aterro, caso estes sejam tratados on-site. Por outro lado, os outputs consistem em lixiviados, biogás ou energia, caso haja reaproveitamento do biogás produzido (EUROPEAN COMMISSION, 2001). Os aterros emitem inúmeros poluentes para o ar (essencialmente gases com efeito de estufa, tal como metano e dióxido de carbono, que podem ser reduzidos caso o biogás seja recolhido e queimado) e para o solo e água (vários compostos tais como iões, metais pesados e compostos orgânicos e microrganismos presentes nos lixiviados) (EUROPEAN COMMISSION, 2001).

## **6 CASO DE ESTUDO**

Ao longo deste estudo serão caracterizadas 4 ETAR, a ETAR de Arronches, a ETAR de Elvas, a ETAR de Vila Boim e a ETAR da Terrugem, de modo a avaliar o tipo de tratamento e quantidades de lamas produzidas. Será dado maior ênfase à ETAR de Elvas, pois esta é das 4 a estação com maiores dimensões e que se pretende que funcione como unidade centralizadora de lamas. Para tal será efectuado um balanço técnico - económico para saber se o tratamento das fases sólidas destas 4 estações se torna mais economicamente viável desta forma. Será também considerada a implementação de uma estufa de secagem de lamas na ETAR de Elvas com vista a reduzir os custos de transporte de lamas a destino final.

### **6.1 Caracterização da ETAR de Elvas**

#### **6.1.1 Localização da ETAR**

A ETAR do subsistema de saneamento de Elvas encontra-se actualmente em funcionamento e serve a população das freguesias do Caia, S. Pedro – Alcáçova, Assunção, Ajuda, Salvador e Santo Ildefonso.

Esta ETAR teve o início da sua exploração no ano de 1979, sendo a descarga do efluente tratado efectuada numa linha de água a jusante de uma albufeira particular. Esta linha de água pertence à bacia hidrográfica do rio Guadiana no troço entre a confluência deste com o rio Caia e o rio Chança (AdNA, S.A., 2005).

#### **6.1.2 Descrição geral da ETAR existente**

A concepção do sistema de tratamento teve em linha de conta o cumprimento dos normativos de descarga e a evolução expectável dos caudais afluentes. Deste modo a linha de tratamento foi dotada de um conjunto de operações unitárias que visam conferir ao sistema elevada flexibilidade e capacidade depuradora, permitindo alcançar objectivos definidos ao longo do tempo de vida útil da instalação (AdNA, S.A., 2005).

O sistema de tratamento é composto pelas seguintes etapas:

- Tratamento preliminar constituído por:

- Gradagem, constituída por um canal bifurcado munido de grade grossa de limpeza manual e de grade fina de limpeza mecânica;
- Desarenação, através de um desarenador circular (tipo “Pista”);
- Medição de caudal, através de um medidor de caudal electromagnético instalado em tubagem a secção livre;
- Tratamento secundário e terciário constituído por:
  - Tratamento biológico, constituído por tanque anaeróbio, anóxico e de arejamento;
  - Remoção físico-química de fósforo, constituída por sistema de armazenamento e dosagem de cloreto férrico;
  - Decantação secundária, constituída por um decantador circular com ponte raspadora de superfície e de fundo;
  - Tamisação;
  - Desinfecção;
- Tratamento de lamas constituído por:
  - Digestão de lamas, por meio de um digestor anaeróbio a frio;
  - Desidratação mecânica de lamas, por centrífuga;
  - Desidratação de lamas, através de leitos de secagem;
  - Higienização de lamas desidratadas, com cal viva;
  - Armazenamento de lamas desidratadas, em silo;
  - Recepção de Limpa-fossas e equalização de escorrências;

O pré-tratamento é efectuado na obra de entrada sendo constituído pelas seguintes operações descarregador de tempestade, gradagem grossa, gradagem fina e desarenação que têm como objectivo a regulação do caudal afluente à ETAR, sendo finalizado com a medição de caudal.

O tratamento biológico é efectuado na sequência anaeróbia/anóxica/aeróbia, com o objectivo de remover, de forma biológica, o fósforo, azoto e matéria carbonatada.

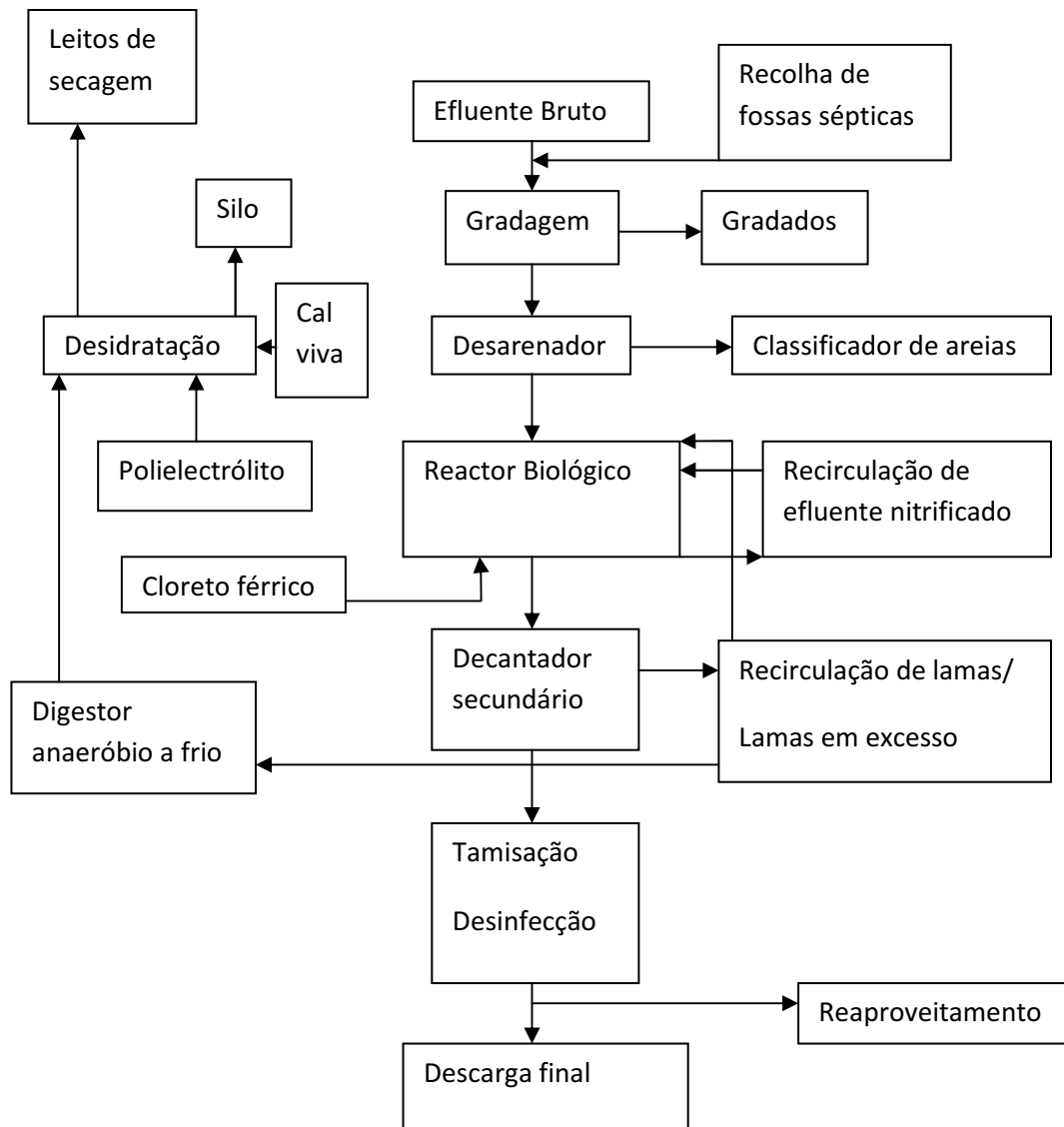
Na caixa de saída do reactor aeróbio existe adição de cloreto férrico, que com a recirculação de lamas que é efectuado, promove no reactor anaeróbio condições para que posteriormente no reactor aeróbio, se efectue a remoção do fósforo. A remoção biológica de azoto ocorre no reactor anóxico através do processo metabólico de desnitrificação, tendo como substrato a carga orgânica do efluente. De forma a obter-se o nível de desnitrificação pretendido é

efectuada a recirculação do efluente nitrificado no reactor aeróbio para a entrada do reactor anóxico, através de um grupo electrobomba de hélice (AdNA, S.A., 2005).

O efluente final após a saída do decantador secundário é encaminhado para um micro-tamisador seguido de desinfecção através de lâmpadas ultravioletas, antes de ser lançado no meio receptor. Parte do efluente tratado é usado para limpezas, rega e para diluição em linha de polímero.

Nesta ETAR o sistema de digestão anaeróbia existente, consiste num digestor anaeróbio a frio. O digestor existente está equipado com 4 saídas de sobrenadantes a níveis diferentes equipadas com válvulas manuais. A extracção das lamas digeridas é efectuada por tubagem equipada com válvulas de actuação manual. A partir desta tubagem as lamas são enviadas para o sistema de desidratação através de grupos electrobomba de parafuso excêntrico, instalados no edifício de lamas sendo depois encaminhadas para um silo de 20m<sup>3</sup>, com uma concentração final de sólidos de 25% (AdNA, S.A., 2005).

No entanto, a saída de sobrenadantes ocorre apenas pela saída mais perto do solo, devido à estrutura do órgão não suportar a pressão que o volume de lamas para o qual foi dimensionado exerceria sobre si. Este facto deve-se à armação utilizada na construção do órgão não ser a mais indicada, assim como, devido à avaria das respectivas válvulas de actuação manual.



**Figura 6-1 – Diagrama linear da ETAR de Elvas**

### 6.1.3 Dados base

Para a realização do projecto desta ETAR foram utilizados os dados apresentados na Tabela 6-1:

**Tabela 6-1 - Dados base de dimensionamento da ETAR (Adaptado de AdNA, S.A., 2005)**

Condições de afluência	Ano 0	Ano Horizonte
População atendida (hab.)	16.000	18.000
Caudal de dimensionamento processual (m <sup>3</sup> /dia)	3.338,9	3.730,8
Caudal de dimensionamento hidráulico ponta (m <sup>3</sup> /h)	293	325
CBO <sub>5</sub> (mg/L)	318,2	318,2
CQO (mg/L)	781,2	781,2
SST (mg/ L)	442	442
Azoto (mg/ L)	55,8	55,8
Fósforo (mg/ L )	19,8	19,8
CBO <sub>5</sub> (kg/dia)	1.061,7	1.186,3
CQO (kg/dia)	2.556	2.856
SST (kg/dia)	1.474,6	1.647,7
Azoto (kg/dia)	186,1	207,9
Fósforo (kg/dia)	66,1	73,9

## 6.2 Caracterização da ETAR de Vila Boim

### 6.2.1 Localização da ETAR

A ETAR do sub-sistema de saneamento de Vila Boim encontra-se actualmente em funcionamento e serve a população de Vila Boim bem como as indústrias que se encontram na vila.

O projecto da rede de colectores de Vila Boim, prevê a condução de toda a água residual gerada nesta localidade a um terreno propriedade da Câmara, localizado no extremo oeste da

mesma, adjacente ao ribeiro que atravessa Vila Boim. Ribeiro este onde o efluente final é descarregado (AdNA, S.A., 2004).

### **6.2.2 Descrição geral da ETAR existente**

O esquema de tratamento das águas residuais de Vila Boim incidirá não só na depuração da fase líquida em termos de remoção de carga poluente, como também na minimização e tratamento dos sólidos gerados no decorrer do processo. O conjunto das operações e processos seleccionados para a depuração das águas residuais desta localidade entraram também em linha de conta com os limites normativos de descarga (AdNA, S.A., 2004).

A concepção do esquema de tratamento para a fase líquida baseou-se na remoção biológica de carga orgânica, num reaktor de biomassa em suspensão, a operar em arejamento prolongado. Para o tratamento da fase sólida, é proposto o espessamento gravítico das lamas biológicas geradas, seguido da sua desidratação (AdNA, S.A., 2004).

A linha de tratamento proposta para a ETAR de Vila Boim será, deste modo, constituída pelas seguintes etapas:

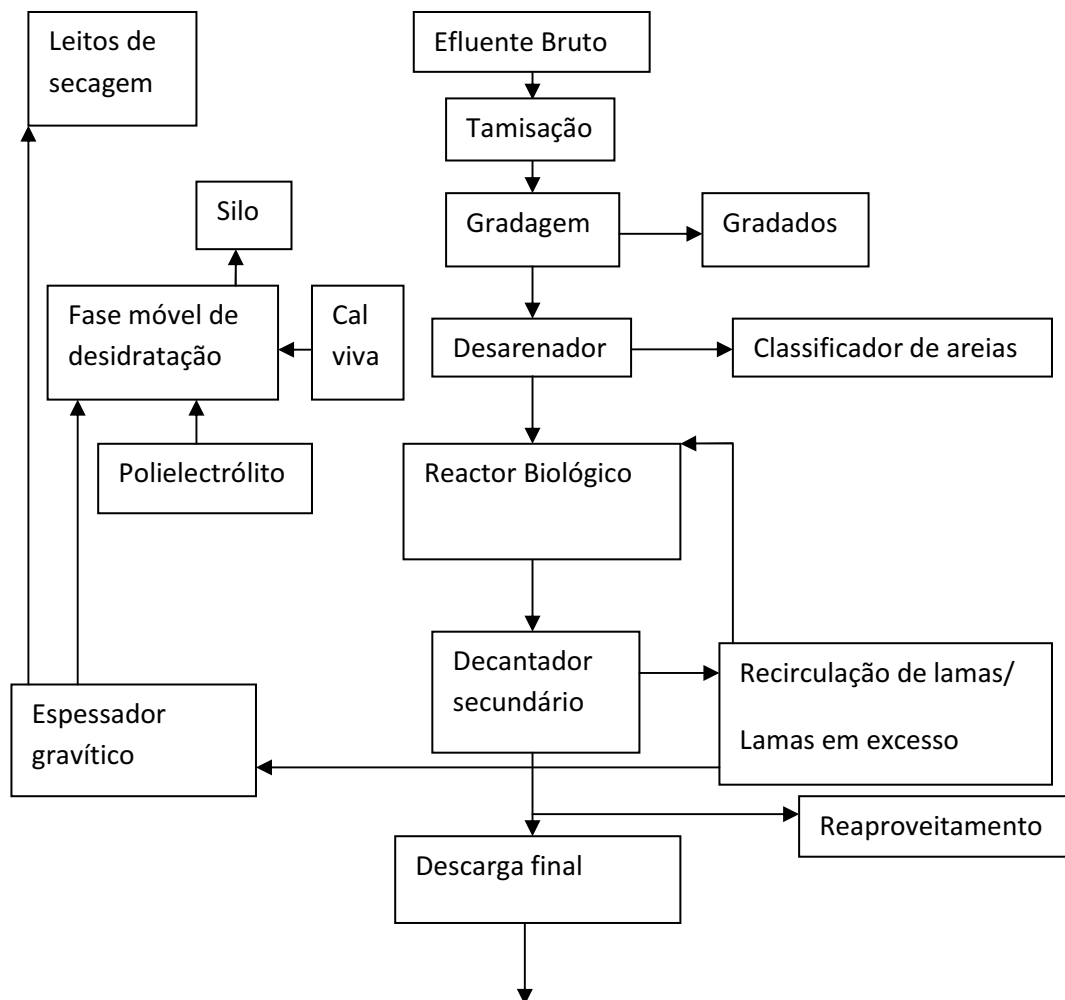
- Tratamento preliminar constituído por:
  - Gradagem grossa;
  - Tamisação;
  - Desarenação
  - Medição de caudal afluente;
- Tratamento secundário constituído por:
  - Tratamento biológico pelo processo de lamas activadas em arejamento prolongado;
  - Decantação secundária, constituída por um decantador circular com ponte raspadora de superfície e de fundo;
- Tratamento de lamas constituído por:
  - Espessamento gravítico das lamas biológicas em excesso provenientes do decantador secundário;
  - Desidratação de lamas espessadas;



O pré-tratamento é efectuado na obra de entrada sendo constituído pelas operações de descarregador de tempestade, gradagem grossa, tamisação e desarenação que têm como objectivo a equalização do caudal afluente à ETAR, sendo finalizado com a medição de caudal.

O tratamento secundário, é constituído por uma vala de oxidação a operar em série com o decantador secundário, com o objectivo da remoção da carga orgânica em solução na água residual, por acção de microrganismos aeróbios. O efluente final após a saída do decantador secundário é descarregado no ribeiro que passa ao lado da estação. Parte do efluente tratado é usado para limpezas, rega e para diluição em linha de polímero (AdNA, S.A., 2004).

O tratamento das lamas é constituído por espessamento gravítico das lamas biológicas em excesso, num silo/espessador, seguido da sua desidratação. No que diz respeito à desidratação das lamas, considerou-se que a melhor alternativa para a desidratação destas será através de um sistema móvel de desidratação, filtro banda. No entanto, como medida de segurança foram previstos leitos de secagem que permitirão uma maior flexibilidade na exploração desta instalação (AdNA, S.A., 2004).



**Figura 6-2 – Diagrama linear da ETAR de Vila Boim**

### 6.2.3 Dados base

Para a realização do projecto desta ETAR foram utilizados os dados apresentados na Tabela 6-2:

**Tabela 6-2 – Dados base de dimensionamento da ETAR (Adaptado de AdNA, S.A., 2004)**

Condições de afluência	Ano 0	Ano Horizonte
População atendida (hab.)	1.500	2.000
Caudal de dimensionamento processual (m <sup>3</sup> /dia)	288	384
Caudal de dimensionamento hidráulico ponta (m <sup>3</sup> /h)	37	48
CBO <sub>5</sub> (mg/ L)	313	313
CQO (mg/ L)	781	781
SST (mg/ L)	417	417
Azoto (mg/ L)	52,3	51,2
Fósforo (mg/ L)	18,5	16,3
CBO <sub>5</sub> (kg/dia)	90	120
CQO (kg/dia)	225	300
SST (kg/dia)	120	160
Azoto (kg/dia)	17,0	22,0
Fósforo (kg/dia)	6,0	7,0

## 6.3 Caracterização da ETAR da Terrugem

### 6.3.1 Localização da ETAR

A ETAR do sub-sistema de saneamento da Terrugem, concelho de Elvas, encontra-se actualmente em funcionamento e serve a população local.

### 6.3.2 Descrição geral da ETAR existente

O esquema de tratamento das águas residuais de Terrugem incide não só na depuração da fase líquida em termos de remoção de carga poluente, como também na minimização e tratamento dos sólidos gerados no decorrer do processo. O conjunto das operações e processos seleccionados para a depuração das águas residuais desta localidade entraram também em linha de conta com os limites normativos de descarga (AdNA, S.A., 2006).

A concepção do esquema de tratamento para a fase líquida baseou-se na remoção biológica de carga orgânica, num reactor de biomassa em suspensão, a operar em arejamento convencional, com uma etapa prévia de tratamento primário por flotação.

Para o tratamento da fase sólida, é proposto apenas o armazenamento das lamas flotadas num silo vertical. A desidratação das lamas armazenadas será efectuada ou por intermédio de uma unidade móvel ou numa instalação de maior dimensão, para onde as lamas deverão ser transportadas por meio de camiões limpa-fossas. No entanto, de forma a dotar a instalação de flexibilidade, foram previstos ainda quatro leitos de secagem de emergência, que permitirão gerir com maior segurança as lamas geradas nesta instalação (AdNA, S.A., 2006).

A linha de tratamento proposta para a ETAR de Terrugem será, deste modo, constituída pelas seguintes etapas:

- Tratamento preliminar constituído por:
  - Tamisação na elevação inicial;
  - Medição de caudal afluente;
- Tratamento primário constituído por:
  - Equalização/homogeneização do caudal de ponta;
  - Cogulação/Floculação;
  - Flotação por ar dissolvido;
- Tratamento secundário constituído por:
  - Tratamento biológico pelo processo de lamas activadas em arejamento convencional;
  - Decantação Secundária;

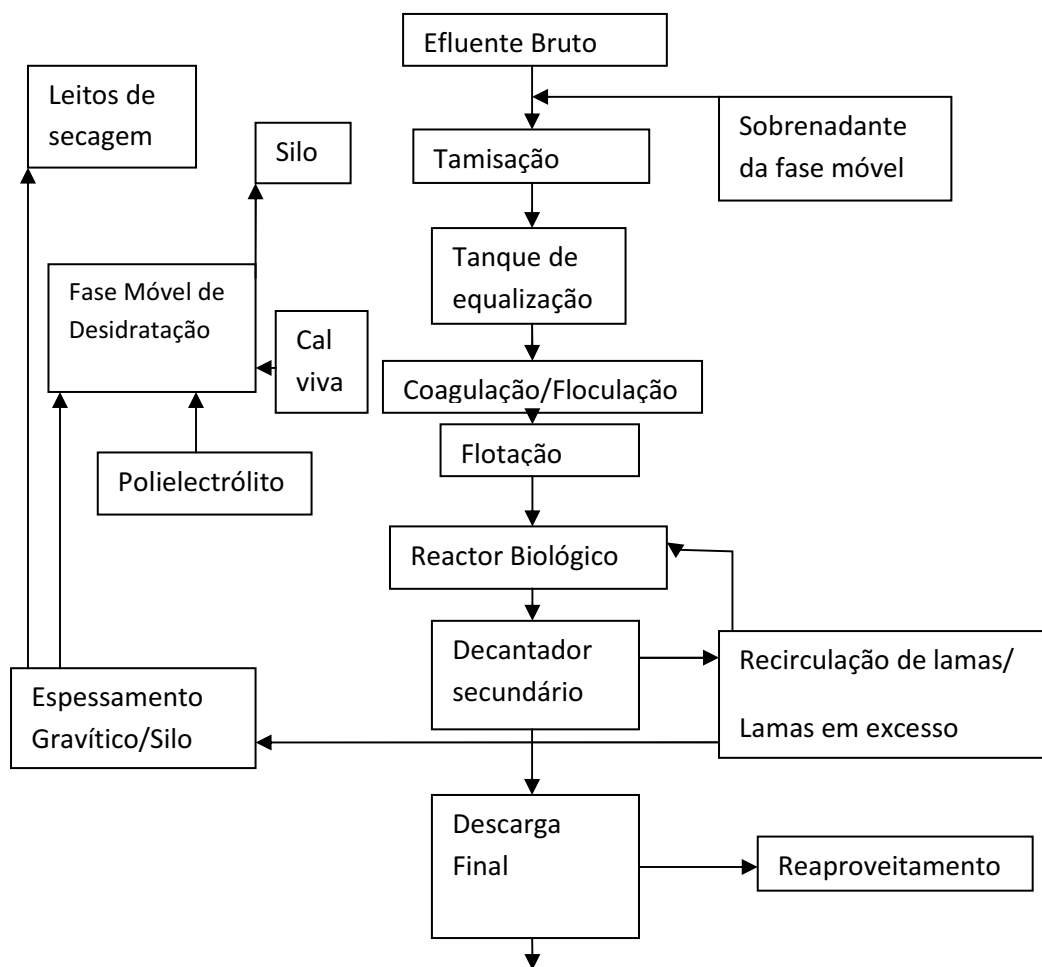
- Tratamento de lamas constituído por:
  - Espessamento por flotação das lamas biológicas em excesso provenientes do decantador secundário, conjuntamente com as lamas primárias;
  - Armazenagem de lamas flotadas em silo vertical;
  - Desidratação das lamas armazenadas através de uma unidade móvel de desidratação e em leitos de secagem para situações de emergência;

O pré-tratamento será efectuado na estação elevatória inicial, sendo constituído por operação de tamisação e será finalizado com a medição do caudal afluente a esta instalação.

O tratamento primário será constituído por três etapas em série, nomeadamente a coagulação do efluente, seguida da sua floculação à qual se segue a flotação por ar dissolvido, com o objectivo de remover parcialmente sólidos em suspensão, óleos e gorduras e, através da adição de reagentes que promovem a coagulação/floculação do efluente, a remoção de crómio e de cor (AdNA, S.A., 2006).

No tratamento secundário, constituído pelo tanque de arejamento a operar em série com o decantador secundário, o objectivo será a remoção da carga orgânica em solução na água residual, por acção de microrganismos aeróbios. O efluente final após a saída do decantador secundário é encaminhado a destino final. Parte do efluente tratado é usado para limpezas, rega e para diluição em linha de polímero (AdNA, S.A., 2006).

O tratamento das lamas consistirá no espessamento gravítico das lamas biológicas em excesso, num silo/espessador, seguido da sua desidratação. Considerou-se que a melhor alternativa para a desidratação das lamas em excesso será por meio de uma unidade móvel de desidratação, filtro banda. No entanto, como medida de segurança foram previstos leitos de secagem que permitirão uma maior flexibilidade na exploração desta instalação (AdNA, S.A., 2006).



**Figura 6-3– Diagrama linear da ETAR da Terrugem**

### 6.3.3 Dados base

Para a realização do projecto desta ETAR foram utilizados os dados apresentados na Tabela 6-3:

**Tabela 6-3 – Dados base de dimensionamento da ETAR (Adaptado de AdNA, S.A., 2006)**

Condições de afluência	Ano 0	Ano Horizonte
População atendida (hab.)	1.500	1.500
Caudal de dimensionamento processual (m <sup>3</sup> /dia)	308,0	308,0
Caudal de dimensionamento hidráulico ponta (m <sup>3</sup> /h)	61,2	61,2
CBO <sub>5</sub> (mg/ L)	412,0	412,0
CQO (mg/ L)	898,0	898,0
SST (mg/ L)	461,0	461,0
Azoto (mg/ L)	59,0	59,0
Fósforo (mg/ L)	14,0	14,0
CBO <sub>5</sub> (kg/dia)	127,0	127,0
CQO (kg/dia)	277,0	277,0
SST (kg/dia)	142,0	141,0
Azoto (kg/dia)	18,0	18,0
Fósforo (kg/dia)	4,3	4,3

## 6.4 Caracterização da ETAR de Arronches

### 6.4.1 Localização da ETAR

A ETAR do sub-sistema de saneamento de Arronches encontra-se actualmente em funcionamento e serve a população da freguesia de Assunção.

Esta ETAR teve o início da exploração no ano de 1993, sendo a descarga do efluente tratado efectuada no Rio Caia (AdNA, S.A., 2003).

### 6.4.2 Descrição geral da ETAR existente

A concepção do sistema de tratamento teve em linha de conta o cumprimento dos normativos de descarga e a evolução expectável dos caudais afluentes. Deste modo a linha de tratamento foi dotada de um conjunto de operações unitárias que visam conferir ao sistema elevada flexibilidade e capacidade depuradora, permitindo alcançar objectivos definidos ao longo do tempo de vida útil da instalação.

O sistema de tratamento é composto pelas seguintes etapas:

- Tratamento preliminar constituído por:
  - Gradagem;
  - Desarenação;
- Tratamento primário constituído por:
  - Decantação primária;
- Tratamento secundário constituído por:
  - Tratamento biológico através de um leito percolador de alta carga;
  - Decantação secundária;
- Tratamento das lamas constituído por:
  - Digestão anaeróbia de lamas primárias e secundárias a frio num tanque Imhoff;
  - Desidratação das lamas armazenadas através de uma unidade móvel de desidratação e em leitos de secagem para situações de emergência;

A obra de entrada inclui as operações de gradagem e desarenação do efluente, sendo o objectivo de ambas a redução ou eliminação de características da água residual que possam prejudicar a operação e aumentar a manutenção dos processos e equipamentos instalados a jusante, preparando, deste modo, a água residual afluente à estação para o seu tratamento posterior (AdNA, S.A., 2003).

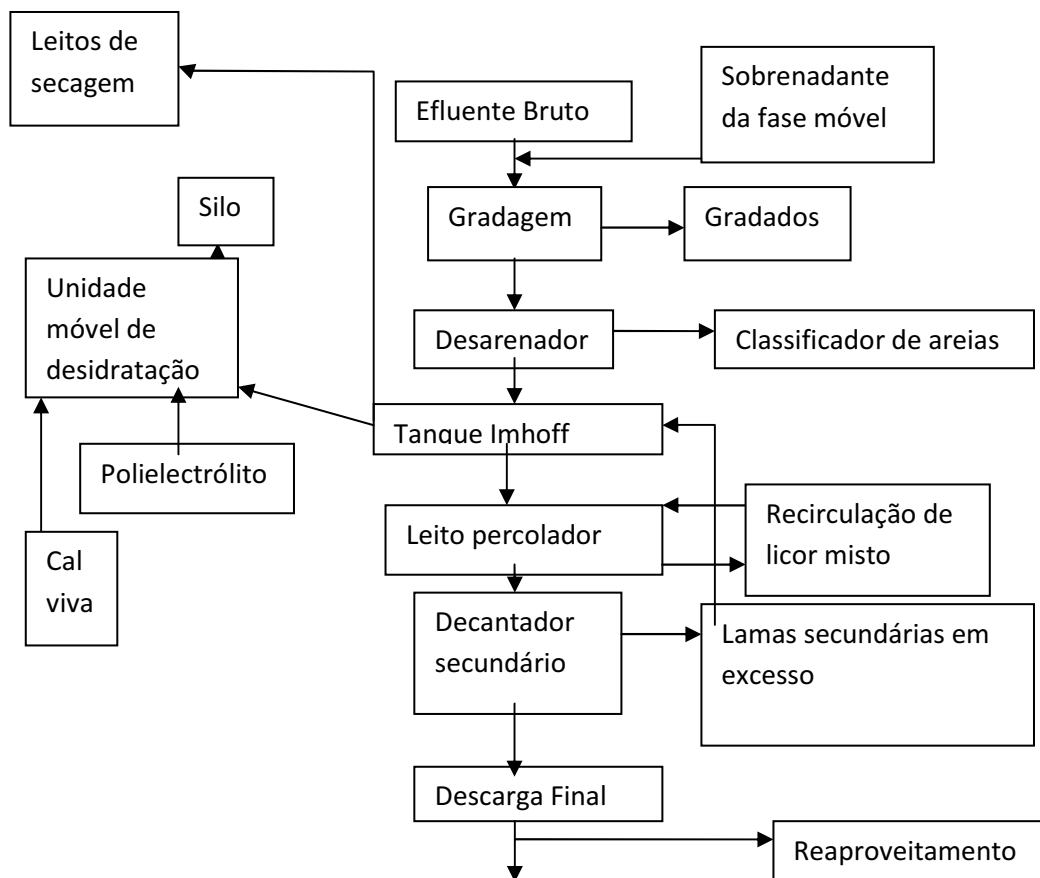
O tratamento primário existente nesta estação consiste num Tanque Imhoff, onde se efectua a decantação primária e a digestão de lamas. Esta etapa de decantação primária do efluente



gradado é efectuada na parte superior do Tanque Imhoff existente na ETAR (AdNA, S.A., 2003).

O tratamento biológico é efectuado através de um leito percolador de alta carga com enchimento em brita, com três tipos de granulometria distintos. O leito percolador recebe o efluente decantado do Tanque Imhoff, por gravidade, assim como o efluente recirculado do próprio leito, o qual é bombado a partir da central elevatória de recirculação, localizada a jusante. O tratamento secundário é finalizado num decantador circular tronco-cónico, do tipo estático, o qual recebe o efluente proveniente do leito percolador, sendo a alimentação efectuada graviticamente. O efluente final após a saída do decantador secundário é encaminhado a destino final. Parte do efluente tratado é usado para limpezas, rega e para diluição em linha de polímero (AdNA, S.A., 2003).

Nesta ETAR o sistema de digestão anaeróbia existente, consiste num digestor Imhoff com digestão anaeróbia a frio. A extracção das lamas digeridas é efectuada por tubagem equipada com válvulas de actuação manual. A partir desta tubagem as lamas são enviadas para o sistema de desidratação móvel ou para os leitos de secagem (AdNA, S.A., 2003).



**Figura 6-4 – Diagrama linear da ETAR de Arronches**

### 6.4.3 Dados base

Para a realização do projecto desta ETAR foram utilizados os dados apresentados na tabela 6-4:

**Tabela 6-4 – Dados base de dimensionamento da ETAR (Adaptado de AdNA, S.A., 2003)**

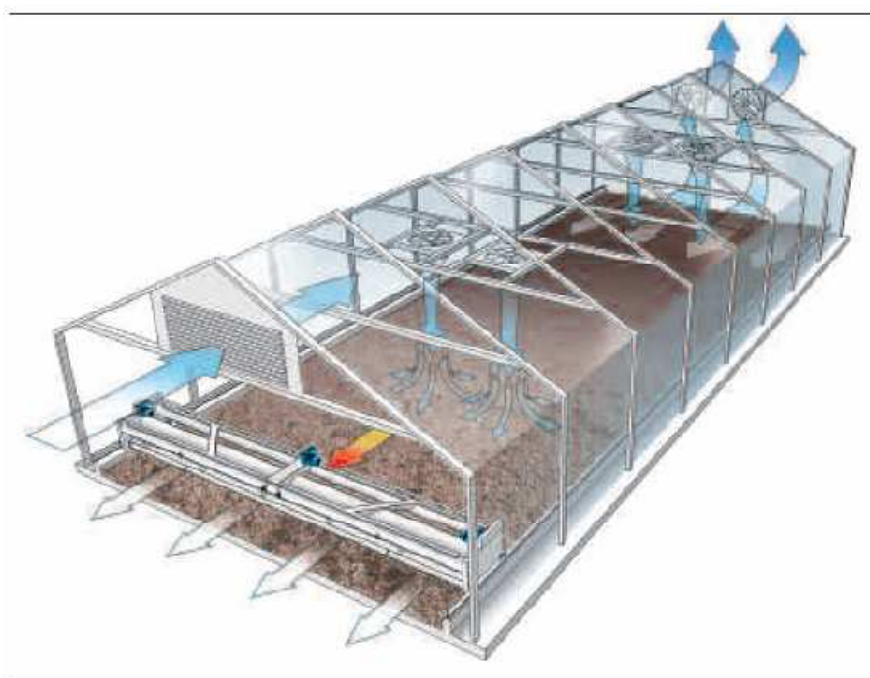
Condições de afluência	Ano 0	Ano Horizonte
População atendida (hab.)	2.000	2.500
Caudal de dimensionamento processual (m <sup>3</sup> /dia)	419,0	515,0
Caudal de dimensionamento hidráulico ponta (m <sup>3</sup> /h)	48,0	57,0
CBO <sub>5</sub> (mg/ L)	319,0	318,0
CQO (mg/ L)	781,0	781,0
SST (mg/ L)	417,0	417,0
Azoto (mg/ L)	52,0	52,0
Fósforo (mg/ L)	14,0	14,0
CBO <sub>5</sub> (kg/dia)	134,0	164,0
CQO (kg/dia)	327,0	402,0
SST (kg/dia)	175,0	215,0
Azoto (kg/dia)	22,0	27,0
Fósforo (kg/dia)	5,9	7,3

### 6.5 Caracterização da Estufa de Secagem de Lamas

Com o intuito da redução dos custos relativos ao encaminhamento das lamas produzidas pelas quatro ETAR descritas anteriormente, as Águas do Norte Alentejano sugeriram que se efectuasse um estudo de modo a se perceber a viabilidade da implementação de uma estufa de secagem de lamas na ETAR de Elvas a fim de se reduzir, significativamente, o volume de lamas produzidas. O modo de funcionamento bem como as características do tipo de estufa a implementar estão descritos em baixo.

Uma estufa de secagem de lamas é uma combinação única de revolver e transportar lamas e é um processo de operação contínuo, tendo a vantagem de não produzir odores devido ao empilhamento das lamas (HANS HUBER AG).

O processo consiste basicamente de um revolvedor especial, que não só distribui, areja e revolve a lama, como também a transporta de um lado para o outro, levando deste modo a uma secagem homogénea das lamas e evitando a formação de odores incómodos. O granulado formado é fácil de manusear, pois é estabilizado devido aos elevados resíduos secos (HANS HUBER AG).



**Figura 6-5– Visão geral do sistema de uma estufa de secagem de lamas (Adaptado de HANS HUBER AG)**

A alimentação da estufa com as lamas desidratadas pode ser adaptada conforme as exigências do processo. A lama tanto pode ser inserida de forma manual, como também automaticamente pelo sem-fim de distribuição, que é instalado tendo em conta o aproveitamento óptimo da área de evaporação. A descarga da lama seca é feita para uma tremonha ou por meio de uma banda transportadora directamente para um contentor (HANS HUBER AG).

A estufa de secagem de lamas que se pretende instalar na ETAR de Elvas tem as seguintes características:

**Tabela 6-5 – Características gerais da estufa de secagem de lamas a instalar em Elvas**

Características da estufa de secagem de lamas	
<b>Largura</b>	12,5 m
<b>Comprimento</b>	131,8 m
<b>Área</b>	1.648 m <sup>2</sup>
<b>Capacidade de tratamento</b>	5.000 ton/ano
	19 ton/dia *

\* - Para este cálculo diário foram considerados os 22 dias úteis do mês



**Figura 6-6 - Duas unidades de estufa para secagem solar pelo sistema da Wendewolf, IST, com um tambor horizontal rotativo com raspadores de lamas com o total de 1.632 m<sup>2</sup> (Adaptado de HANS HUBER AG).**



**Figura 6-7 - Interior de uma unidade de estufa para secagem solar de lamas (Adaptado de HANS HUBER AG).**

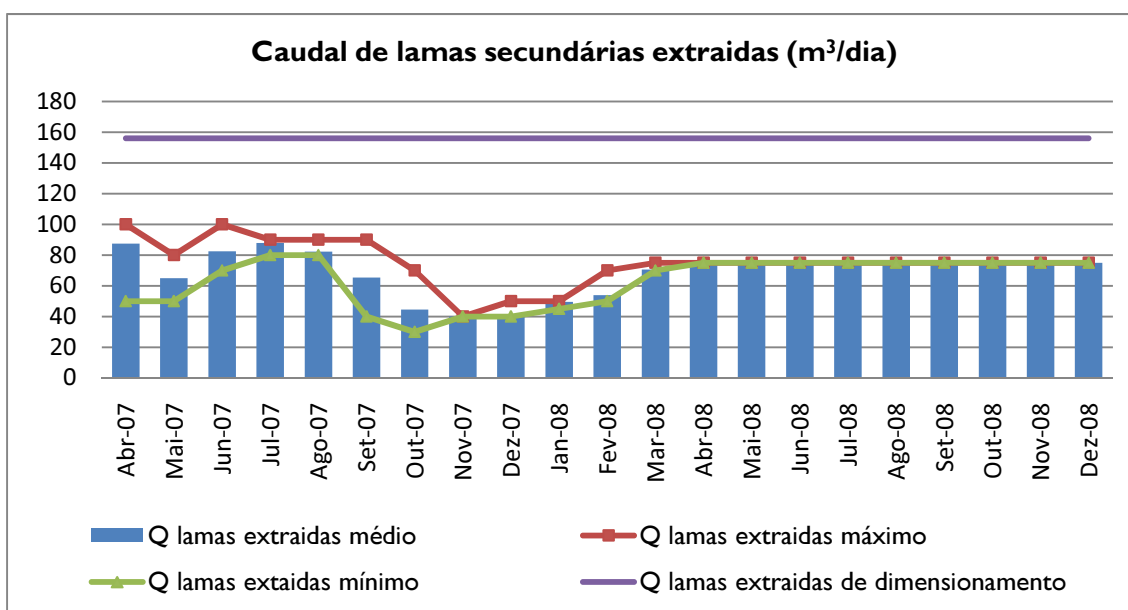
## **6.6 *Análise ao sistema de tratamento da fase sólida da ETAR de Elvas***

As lamas provenientes do decantador secundário são enviadas para o poço de bombagem de lamas secundário, situado ao lado do digestor, o qual possui duas bombas de eixo horizontal de montagem a seco. Após sofrerem o processo de estabilização as lamas são retiradas por uma descarga de fundo do digestor e são enviadas para uma centrífuga onde é efectuada a sua desidratação. O digestor possui quatro pontos de extracção de sobrenadantes equipados com válvulas, localizadas a alturas distintas e ligados à câmara de chegada da obra de entrada da estação.

É de salientar que este processo de tratamento das lamas já sofreu alterações, pois em vez de um sistema de desidratação por centrífuga as lamas provenientes do digestor, que não sofreu alterações no novo projecto, eram enviadas para leitos de secagem.

### **6.6.1 Digestão anaeróbia a frio**

No que diz respeito ao funcionamento do próprio órgão, este está dimensionado para um volume útil de 1.900 m<sup>3</sup> sendo 1.661 m<sup>3</sup> correspondentes à parte cilíndrica e os restantes 239m<sup>3</sup> à parte cónica, para tratar uma caudal de lamas frescas de 155,9 m<sup>3</sup>/dia e uma carga de 1.559 kg/dia. Após a sua fase de digestão as lamas são enviadas para desidratação com uma concentração de 3%.



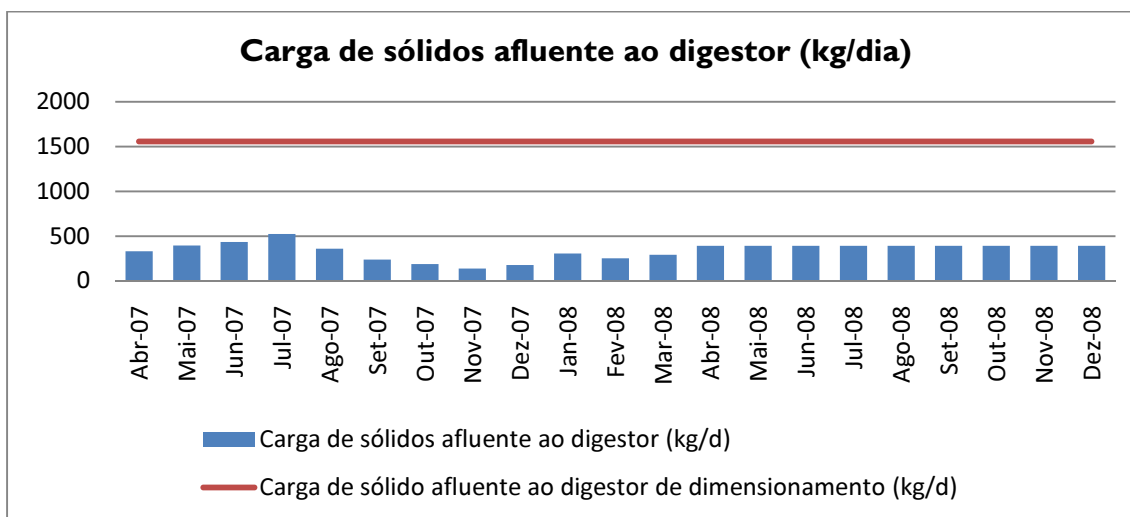
**Figura 6-8 – Evolução do caudal de lamas em excesso ao longo da exploração da estação**

**Tabela 6-6 – Caudal de lamas em excesso de dimensionamento e caudais de lamas em excesso ao longo da exploração da estação**

Caudal de lamas em excesso	m³/dia
<b>Dimensionamento</b>	155,9
<b>Média de 2007</b>	66,24
<b>Máximo de 2007</b>	100
<b>Mínimo de 2007</b>	30
<b>Média de 2008</b>	70,76
<b>Máximo de 2008</b>	75
<b>Mínimo de 2008</b>	45
<b>Média de 2007/2008</b>	68,82

Através da Figura 6-8 é possível observar que a purga que se tem feito ao sistema está bastante abaixo da esperada. Este facto deve-se à pouca afluência de água residual que a ETAR de Elvas tem em comparação com aquela que seria de esperar segundo o seu

dimensionamento. Foi considerado que chegariam à ETAR cerca de 3.339 m<sup>3</sup>/dia no ano zero e cerca de 3.731 m<sup>3</sup>/ano no ano horizonte projecto, no entanto desde o início da exploração da estação que se têm registado sempre valores de caudal diário bastante inferiores aos esperados, o que implica que as cargas afluentes de CBO<sub>5</sub>, CQO e SST sejam também elas significativamente mais baixas. Ocorrendo assim uma menor produção de lamas que aquela que seria de esperar.



**Figura 6-9 – Evolução da carga de sólidos afluentes ao digestor ao longo da exploração da estação**

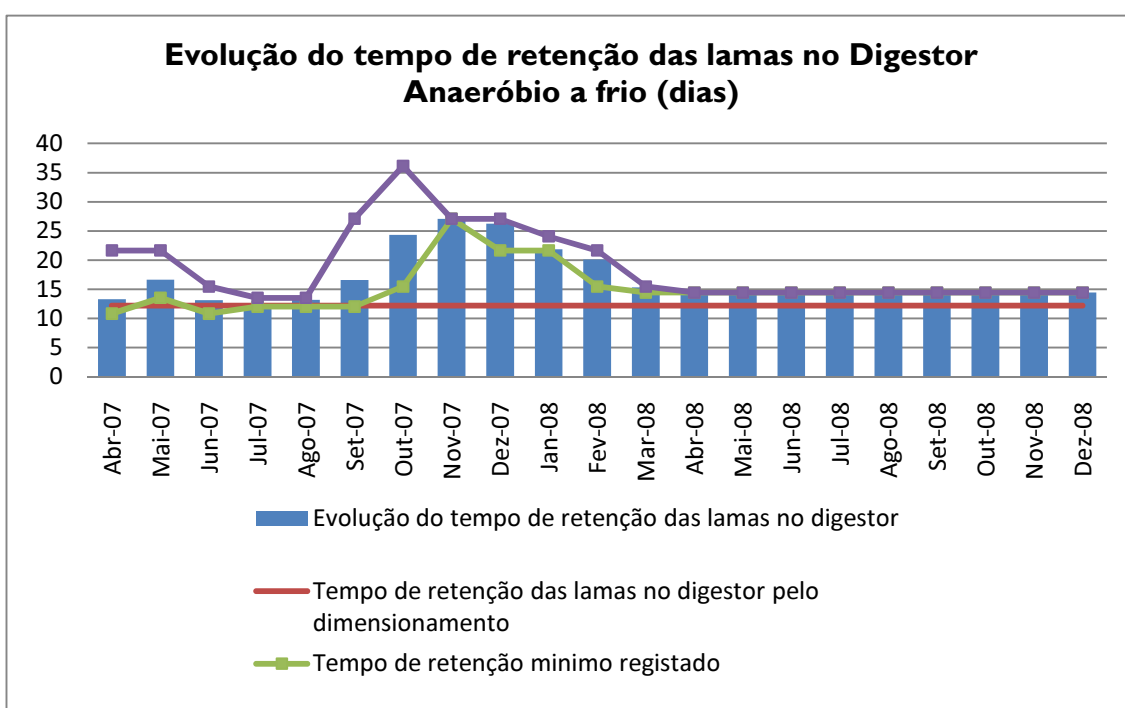
**Tabela 6-7– Carga de sólidos afluentes ao digestor de dimensionamento e cargas de sólidos afluentes ao digestor ao longo da exploração da estação**

Carga de Sólidos afluente ao Digestor (kg/dia)	m <sup>3</sup> /dia
Dimensionamento	1.559
Média de 2007	309,9
Máximo de 2007	522,5
Mínimo de 2007	139,3
Média de 2008	363,4
Máximo de 2008	390
Mínimo de 2008	253,4
Média de 2007/2008	340,4



Na figura 6-9, está representada a fraca afluência de sólidos ao digestor comparados com o valor que seria de esperar segundo o dimensionamento do mesmo. Em média a afluência diária de sólidos é de 340,4 kg de SST/ dia enquanto o valor esperado é de 1.559 kg de SST /dia.

No que diz respeito ao tempo de retenção das lamas no digestor, este tem sido na sua generalidade superior ao tempo previsto pelo dimensionamento. O período entre Outubro de 2007 e Fevereiro de 2008, onde se notam os maiores picos de tempo de retenção, coincide com um período no qual não foi efectuada desidratação, permanecendo as lamas mais tempo no digestor, como se pode observar na figura seguinte.

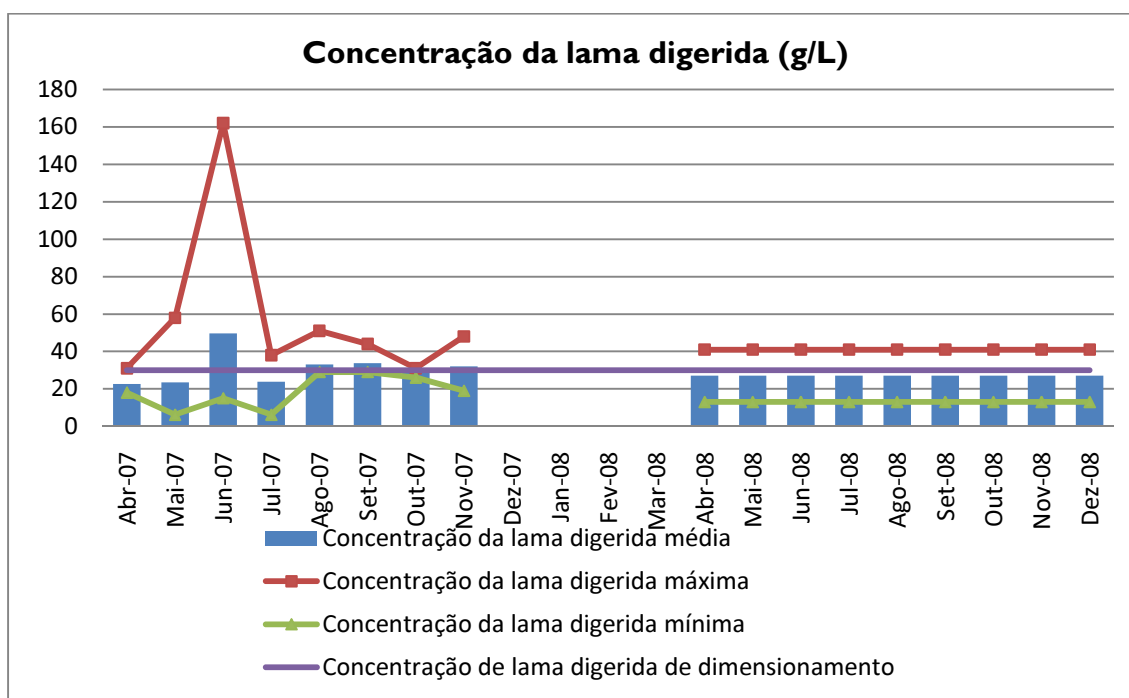


**Figura 6-10 - Evolução do tempo de retenção das lamas no digestor anaeróbio a frio ao longo da exploração da estação**

**Tabela 6-8 - Tempo de retenção no digestor anaeróbio de dimensionamento e tempos de retenção no digestor anaeróbio ao longo da exploração da estação**

Tempo de retenção das lamas no digestor (dias)	m <sup>3</sup> /dia
<b>Dimensionamento</b>	12
<b>Média de 2007</b>	18,1
<b>Máximo de 2007</b>	27,1
<b>Mínimo de 2007</b>	13,5
<b>Média de 2008</b>	15,6
<b>Máximo de 2008</b>	21,7
<b>Mínimo de 2008</b>	14,4
<b>Média de 2007/2008</b>	16,68

A idade de lamas tem sido aproximadamente a esperada, pois a saída de sobrenadante está a ocorrer pelo ponto de extracção mais perto do solo, ou seja, o volume ocupado de lamas no digestor é o mínimo possível, cerca de 1.084 m<sup>3</sup>.



**Figura 6-11 – Evolução da concentração da lama digerida ao longo da exploração da estação**

**Tabela 6-9 – Concentração de lama digerida de dimensionamento e concentrações de lama digerida ao longo da exploração da estação**

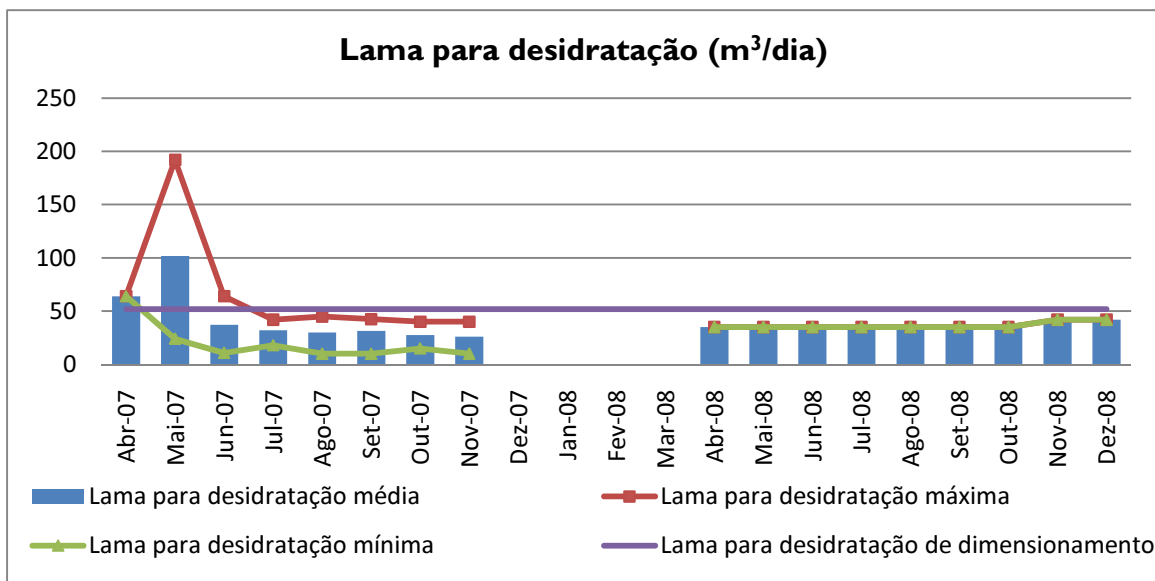
<b>Concentração da lama digerida</b>	<b>g/L</b>
<b>Dimensionamento</b>	30
<b>Média de 2007</b>	30,9
<b>Máximo de 2007</b>	162
<b>Mínimo de 2007</b>	6,2
<b>Média de 2008</b>	27
<b>Máximo de 2008</b>	41
<b>Mínimo de 2008</b>	13
<b>Média de 2007/2008</b>	28,9

Pela figura anterior, 6-11, é possível observar a evolução da concentração das lamas digeridas ao longo da exploração da ETAR de Elvas. É possível reparar na figura 6-11 que a concentração das lamas digeridas tem andado muito próxima da concentração que seria de esperar pelo dimensionamento, que é de 3% ou 30 g de sólidos /L.

### **6.6.2 Desidratação**

Relativamente ao funcionamento do próprio órgão, este está dimensionado para efectuar a desidratação 5 dias por semana durante 8 horas, tratando um caudal diário de 53,1 m<sup>3</sup> com uma carga de sólidos associada de 1.608 kg/dia. Este tipo de operação unitária, segundo o projecto permite obter uma concentração final de lama de 25%, no entanto segundo Metcalf & Eddy (2003), a concentração que será de esperar para a lama com este tipo de operação unitária e de 15% a 20%.

Com o objectivo de melhorar o rendimento da operação da desidratação das lamas, prevê-se a adição de polielectrólito, a montante da centrífuga. No que diz respeito à higienização das lamas, a fase de desidratação de lamas está equipada por uma instalação de doseamento de cal viva nas lamas desidratadas. Após a desidratação as lamas são enviadas para um silo com a capacidade de 20 m<sup>3</sup>.



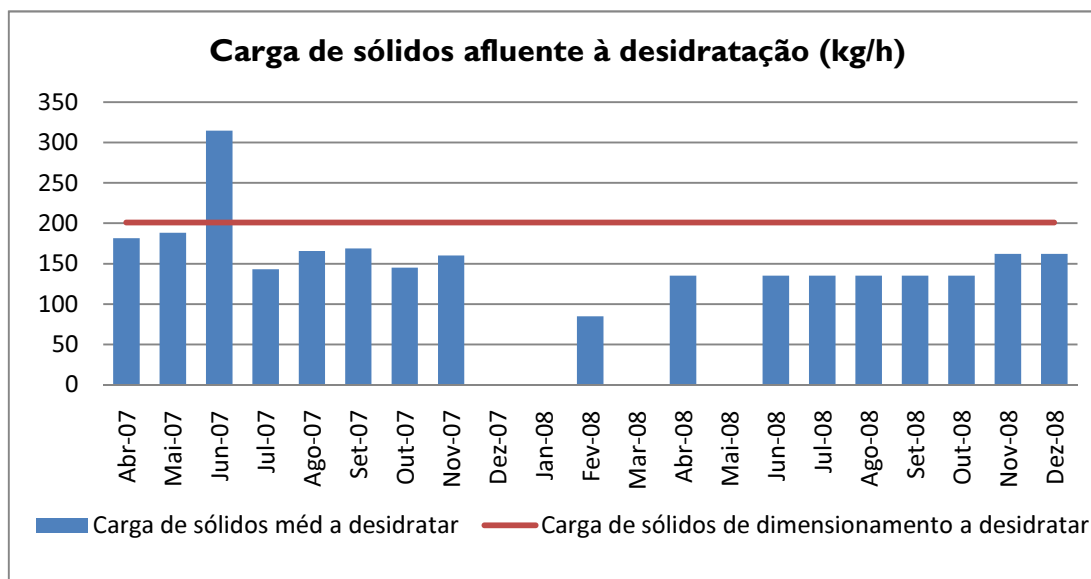
**Figura 6-12 – Evolução do caudal de lama para desidratação ao longo da exploração da estação**

**Tabela 6-10 – Caudal de lama para desidratação de dimensionamento e caudais para desidratação ao longo da exploração da estação**

Caudal de lama para desidratação	m³/dia
<b>Dimensionamento</b>	51,9
<b>Média de 2007</b>	38,8
<b>Máximo de 2007</b>	192
<b>Mínimo de 2007</b>	10
<b>Média de 2008</b>	29,9
<b>Máximo de 2008</b>	42
<b>Mínimo de 2008</b>	35
<b>Média de 2007/2008</b>	33,9

Pela observação Figura 6-12, repara-se que o caudal de lamas afluente à centrífuga é também ele inferior àquele que seria de esperar. Este facto deve-se não tanto em termos de caudal de lamas enviado para desidratação, que é ligeiramente inferior, mas sim com o período de funcionamento diário da centrífuga, pois não cumpre com as 8 horas de funcionamento que seriam de esperar. No entanto este facto está directamente ligado à fraca produção de lamas em excesso pelo tratamento biológico e por consequência a fraca afluência que existe dessas mesmas lamas ao digestor. No entanto é de salientar que o valor diário corresponde ao caudal

que se desidrata nos dias em que se efectua a desidratação, pois a esta não ocorre durante os 5 dias úteis da semana e sim apenas uma vez por semana.

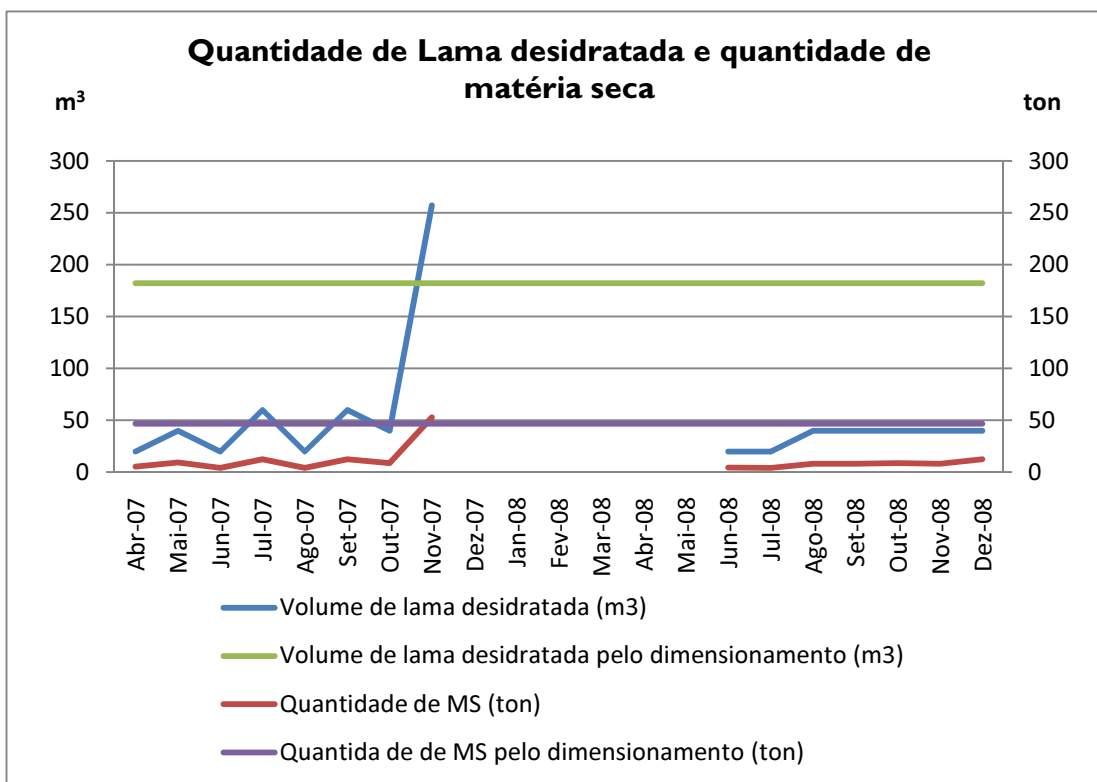


**Figura 6-13– Evolução da carga de sólidos afluentes à desidratação ao longo da exploração da estação**

**Tabela 6-11 – Carga de sólidos afluentes à desidratação de dimensionamento e cargas de sólidos afluentes à desidratação ao longo da exploração da estação**

Carga de Sólidos afluente à desidratação	kg/h
<b>Dimensionamento</b>	201
<b>Média de 2007</b>	162,9
<b>Máximo de 2007</b>	314,6
<b>Mínimo de 2007</b>	0
<b>Média de 2008</b>	94,5
<b>Máximo de 2008</b>	162
<b>Mínimo de 2008</b>	0
<b>Média de 2007/2008</b>	123,84

A Figura 6-13, mais uma vez, regista valores reais inferiores aos esperados pelo dimensionamento. Como se pode observar na Figura 6 -11 a concentração de sólidos da lama digerida enviada para a desidratação é ligeiramente inferior ao esperado que aliada com o menor número de horas de funcionamento da centrífuga se traduz nestes valores de carga de sólidos afluentes à desidratação inferiores aos esperados e expressos na Figura 6 -13.



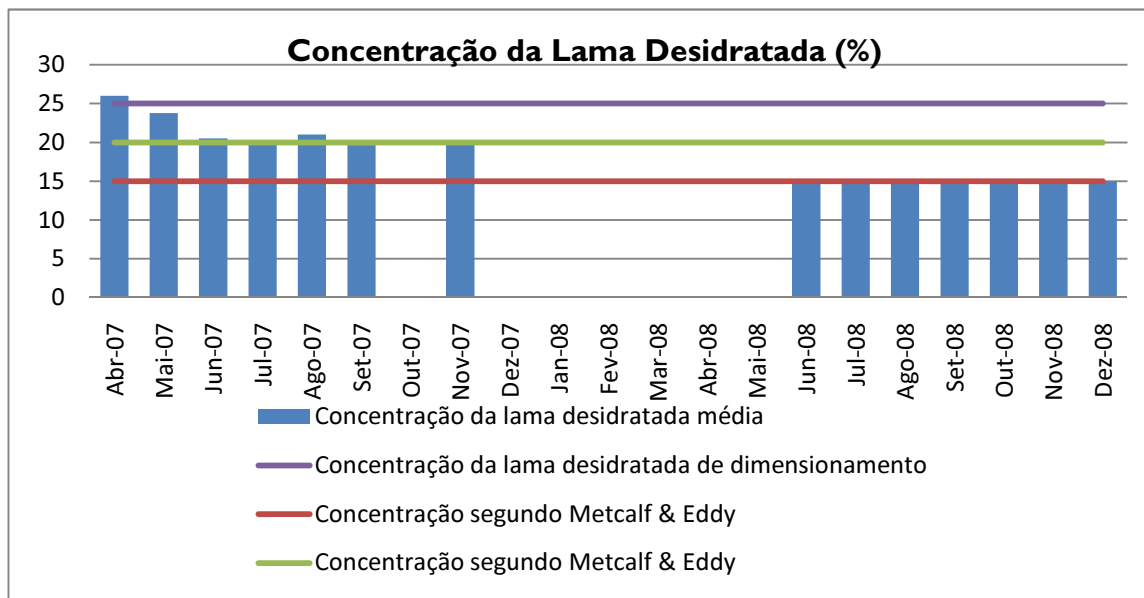
**Figura 6-14– Evolução da quantidade de lama desidratada e da quantidade de matéria seca obtida ao longo da exploração da estação**

**Tabela 6-12 – Quantidade de lama desidratada e matéria seca de dimensionamento e quantidades de lamas desidratadas e quantidade de matéria seca obtida ao longo da exploração da estação**

Volume de lama desidratada	m³/mês	Quantidade de MS produzida	ton/mês
<b>Dimensionamento</b>	182	Dimensionamento	46,9
<b>Média de 2007</b>	64,625	Média de 2007	13,7
<b>Máximo de 2007</b>	257	Máximo de 2007	52,9
<b>Mínimo de 2007</b>	20	Mínimo de 2007	4,1
<b>Média de 2008</b>	34,29	Média de 2008	7,7
<b>Máximo de 2008</b>	40	Máximo de 2008	12,36
<b>Mínimo de 2008</b>	20	Mínimo de 2008	4,12
<b>Média de 2007/2008</b>	50,47	Média de 2007/2008	10,9

Pela análise da Figura 6-14, é possível ver que o volume de lamas desidratadas ao longo da exploração da ETAR foi praticamente sempre muito abaixo do que seria de esperar, com

excepção do mês de Novembro de 2007 em que o volume de lamas foi bastante superior ao normal e até ao que seria de esperar pelo dimensionamento. No entanto isto verificou-se devido ao facto de terem sido removidas as lamas dos leitos de secagem. As razões desta fraca produção de lamas são mais uma vez as já descritas anteriormente.



**Figura 6-15– Evolução da concentração de lama desidratada ao longo da exploração da estação**

**Tabela 6-13 – Concentração de lama desidratada de dimensionamento e concentrações de lama desidratada ao longo da exploração da estação**

Concentração de lama desidratada	% MS
Dimensionamento	25
Valor mínimo (Metcalf & Eddy, 2003)	15
Valor máximo (Metcalf & Eddy, 2003)	20
Média de 2007	21,6
Máximo de 2007	29
Mínimo de 2007	19
Média de 2008	15
Máximo de 2008	15
Mínimo de 2008	15
Média de 2007/2008	17,9

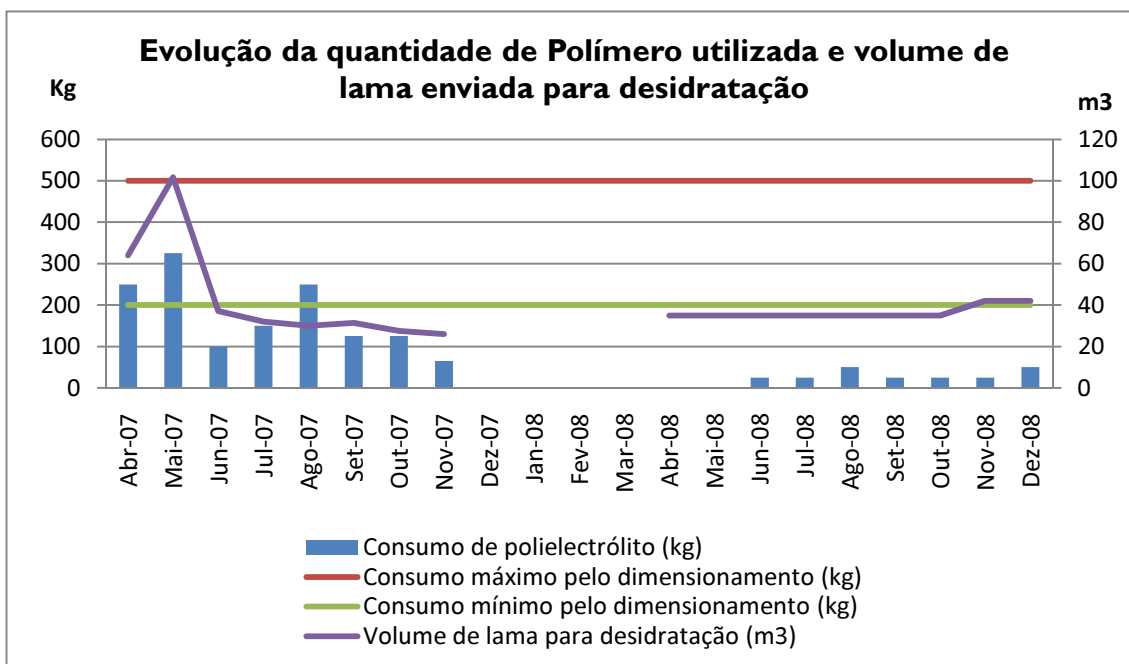
No que diz respeito à concentração final da lama desidratada, observa-se pela Figura 6-15 que com exceção do mês de Abril de 2007 o valor esperado de concentração final de lamas, 25%, nunca foi alcançado. A concentração final das lamas tem sido na sua generalidade compreendida entre os valores de concentração final de 15% e 20%, no entanto estes seriam as concentrações que se deveriam obter segundo o processo unitário que está em funcionamento, de acordo com Metcalf & Eddy(2003).

Relativamente ao uso de reagentes na desidratação, polielectrólito e cal viva, através das duas Figuras seguintes, 6-16 e 6-17, é possível observar que as quantidades utilizadas são bastante inferiores às esperadas.

No que diz respeito ao polielectrólito no início da exploração da estação as quantidades de polielectrólito utilizadas chegaram a ser ligeiramente superiores à quantidade mínima de polielectrolito mensal esperada pelo dimensionamento, no entanto na sua generalidade foram sempre inferiores, como se pode ver na Figura 6 - 16. Os valores mínimos e máximos mensais de polielectrólito que se deveriam utilizar pelo dimensionamento são de 200 kg e 500 kg respectivamente, no entanto ultimamente têm-se registado valores médios mensais de polielectrólito gasto de 32 kg.

Já no que se refere à cal viva esta nunca chegou aos valores mínimos de dimensionamento sendo até bastante inferior a quantidade utilizada, como se pode observar na Figura 6 – 17. Em média tem-se utilizado cerca de 1.611 kg de cal viva por mês quando o valor mínimo pelo dimensionamento é 8.960 kg, sendo o valor máximo de 22.400 kg.

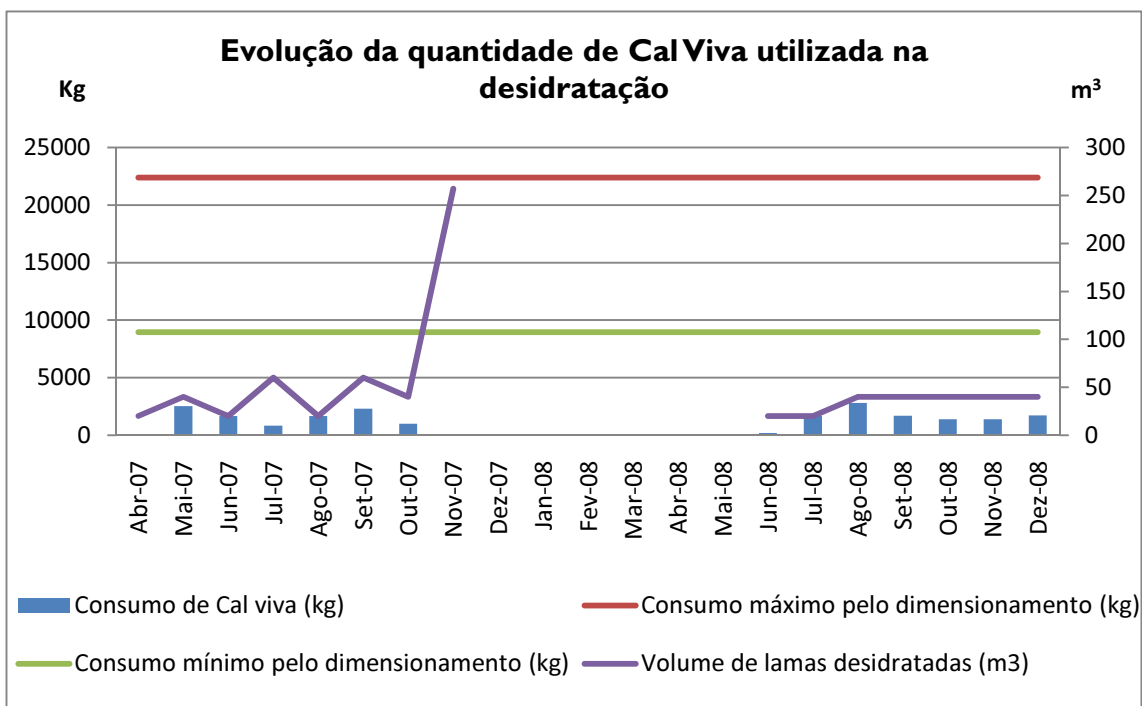




**Figura 6-16 – Evolução da quantidade de polielectrólito gasto na desidratação das lamas e da quantidade de lama enviada para desidratação ao longo da exploração da estação**

**Tabela 6-14 – Quantidade de polielectrólito utilizado na desidratação e volume de lama enviada para desidratação de dimensionamento e quantidades de polielectrólito que se tem gasto na desidratação e volume de lama enviada para desidratação ao longo da exploração da estação**

Quantidade de polielectrólito gasta	kg/mês	Volume de lama para desidratação	m³/mês
<b>Dimensionamento</b>	182	Dimensionamento	46,9
<b>Média de 2007</b>	64,625	Média de 2007	13,7
<b>Máximo de 2007</b>	257	Máximo de 2007	52,9
<b>Mínimo de 2007</b>	20	Mínimo de 2007	4,1
<b>Média de 2008</b>	34,29	Média de 2008	7,7
<b>Máximo de 2008</b>	40	Máximo de 2008	12,36
<b>Mínimo de 2008</b>	20	Mínimo de 2008	4,12
<b>Média de 2007/2008</b>	50,47	Média de 2007/2008	10,9



**Figura 6-17 – Evolução da quantidade de Cal Viva utilizada na higienização das lamas e evolução do volume de lamas desidratadas ao longo da exploração da estação**

**Tabela 6-15 – Quantidade de Cal Viva utilizada na higienização de lamas e volume de lamas desidratadas de dimensionamento bem como as quantidades de Cal Viva utilizada na higienização das lamas ao longo da exploração da estação e o volume de lamas desidratadas ao longo da exploração da estação**

Volume de lama desidratada	m³/mês	Quantidade de cal viva consumida	kg/mês
<b>Dimensionamento</b>	182	Dimensionamento	8.960 – 22.400
<b>Média de 2007</b>	64,625	Média de 2007	1.611
<b>Máximo de 2007</b>	257	Máximo de 2007	1.432,9
<b>Mínimo de 2007</b>	20	Mínimo de 2007	840
<b>Média de 2008</b>	34,29	Média de 2008	1.559
<b>Máximo de 2008</b>	40	Máximo de 2008	2.800
<b>Mínimo de 2008</b>	20	Mínimo de 2008	200
<b>Média de 2007/2008</b>	50,47	Média de 2007/2008	1.611

No que diz respeito aos consumos de polímero e de cal viva, Figura 6-16 e 6-17 respectivamente, também estes se encontram bastante abaixo dos valores que vêm descritos

na memória descritiva, principalmente no que diz respeito à quantidade de polímero, pois no ano de 2008 a quantidade de polímero que tem sido utilizada num mês é a que supostamente se deveria utilizar em cada dia que se desidrata. No entanto a lama desidratada tem atingido valores aceitáveis de desidratação, 15%, para o sistema de desidratação adoptado, segundo Metcalf & Eddy (2003).

## **6.7 Cenários para o tratamento da fase sólida das ETAR do Concelho de Elvas**

Como foi possível observar anteriormente, o sistema de tratamento da fase sólida em Elvas, devido à pouca produção de lamas em excesso, encontra-se sobre-dimensionado. Por esse mesmo motivo torna-se interessante estudar a capacidade que a estação tem de tratar as lamas produzidas nas ETAR vizinhas de Elvas, para saber se compensa em termos financeiros no que diz respeito ao pagamento a destino final das lamas produzidas.

Dado o sobre dimensionamento do tratamento da fase sólida na ETAR de Elvas e o facto das três estações vizinhas apenas estarem equipadas de sistemas de desidratação de lamas através de leitos de secagem, tornou-se interessante efectuar um estudo de modo a encontrar uma maneira economicamente mais viável de encaminhar as lamas produzidas nesta estação a destino final.

Este estudo vai permitir perceber se será mais económico transportar as lamas espessadas oriundas das ETAR de Vila Boim e Terrugem bem como as lamas digeridas na ETAR de Arronches para a ETAR de Elvas, efectuando-se assim o tratamento da fase sólida nesta estação, ou o tratamento ser efectuado nas 4 estações, através de desidratação por centrífuga na estação de Elvas e desidratação através da unidade móvel, filtro banda, nas restantes estações, bem como os custos que se teriam se, se implantasse uma estufa de secagem de lamas na ETAR de Elvas de modo a reduzir a quantidade de lama para destino final.

Por outro lado o estudo engloba também a análise de apenas ser transportada a lama desidratada através da unidade móvel para a estação de Elvas de modo a que esta possa ser encaminhada para a estufa de secagem de lamas.

Para a realização do estudo foram efectuados balanços de massa de modo a poder comparar as quantidades de lamas produzidas pelos vários cenários possíveis para o tratamento, bem como balanços económicos em termos de quantidades de reagentes gastos, custos de manutenção, custos de transporte de lama espessada, digerida e desidratada e os custos a destino final.

Nas tabelas seguintes estão expressos os valores utilizados nos balanços:

**Tabela 6-16 – Parâmetros utilizados no cálculo do balanço de massas referente ao processo de digestão**

<b>Parâmetros utilizados para o balanço de massas do digestor de Elvas</b>	
<b>Remoção de SSV</b>	50 %
<b>Quantidade de SSV associados aos SST</b>	70 %
<b>Retenção de Sólidos</b>	97 %
<b>Concentração de MS na lama à saída do digestor</b>	3 %

**Tabela 6-17– Parâmetros utilizados no cálculo do balanço de massas referente ao processo de desidratação por centrífuga**

<b>Parâmetros utilizados no balanço de massas da desidratação por centrífuga</b>	
<b>Doseamento de polielectrolito</b>	8 g/kg de SST
<b>Concentração doseada de polielectrólito</b>	2 kg/m <sup>3</sup>
<b>Doseamento de Cal Viva</b>	0,5 kg/kg de SST
<b>Concentração doseada</b>	900 kg/m <sup>3</sup>
<b>Retenção de sólidos</b>	95 %
<b>Concentração de MS na lama à saída da centrífuga</b>	18 %

**Tabela 6-18 - Parâmetros utilizados no cálculo do balanço de massas referente ao processo de desidratação por filtro banda**

Parâmetros utilizados no balanço de massas da desidratação por filtro banda	
Doseamento de polielectrólito	8 g/kg de SST
Concentração doseada de polielectrólito	2 kg/m <sup>3</sup>
Doseamento de Cal Viva	0,5 kg/kg de SST
Concentração doseada	900 kg/m <sup>3</sup>
Retenção de Sólidos	92 %
Concentração de MS na lama à saída do filtro banda	15 %

**Tabela 6-19 - Parâmetros utilizados no cálculo do balanço de massas referente ao processo de desidratação através de uma estufa de secagem**

Parâmetros utilizados no balanço de massas da desidratação a estufa	
Retenção de sólidos	100 %
Concentração de MS na lama à saída do filtro banda	65 %

**Tabela 6-20 – Custo dos reagentes utilizados na desidratação de lamas**

Custo dos reagentes	
Polielectrólito	3 €/kg
Cal Viva	100 €/ton

**Tabela 6-21 – Custos associados ao funcionamento da centrífuga**

Custos associados à centrífuga	
Manutenção	50 €/mês
Energia	16 €/mês
Água	20 €/mês

**Tabela 6-22 – Custos associados ao funcionamento do filtro banda**

Custos associados ao filtro banda	
Manutenção	50 €/mês
Energia	12 €/mês
Água	125 €/mês

**Tabela 6-23 – Parâmetros utilizados no custo de transporte de lamas pelo camião limpa-fossas**

Parâmetros utilizados no custo de transporte de lamas pelo camião limpa-fossas	
Custo do Combustível	1,35 €/L
Combustível que gasta aos 100km	30 l
Capacidade de transporte de lama	7 m <sup>3</sup>
Remuneração do operador	10 €/h

**Tabela 6-24 – Custos associados ao transporte de lama a destino final**

Custo a destino Final	
Silo	35 €/ton lama
Leitos de Secagem	70 €/ton lama
Estufa	50 €/ton lama

### **6.7.1 Cenário I – Desidratação em Elvas por centrífuga e encaminhadas a destino final**

Relativamente à estação de Elvas, e tendo em conta o balanço de massas efectuado, esta irá apenas desidratar uma vez por semana durante 8 horas, obtendo uma quantidade de lama anual igual a 435,6 m<sup>3</sup>.

**Tabela 6-25 – Características do digestor anaeróbio a frio da estação de Elvas**

Características do digestor	
Volume útil	1.083 m <sup>3</sup>
Caudal de lama digerida	8,2 m <sup>3</sup> /dia
Número de dias em que acumula lama espessada	7 dias
Volume de lama acumulada em 7 dias	57,4 m <sup>3</sup>
Carga de lamas ao fim de 7 dias	1.721 kg
Concentração da lama espessada	0,6 %

**Tabela 6-26 – Características do processo de desidratação por centrífuga na estação de Elvas**

Características da desidratação de lamas na ETAR de Elvas	
Número de dias que desidrata por mês	4 dias
Número de horas que desidrata por mês	32 horas
Número de meses que as lamas vão para desidratação	12 meses/ano
Quantidade de lama desidratada pela centrífuga	436 m <sup>3</sup> /ano
Concentração da lama desidratada	18 %
Quantidade de polielectrólito gasta	165 kg/ano
Quantidade de Cal viva gasta	41.308 kg/ano

Na tabela seguinte são apresentados os custos anuais referentes à estação de Elvas:

**Tabela 6-27 – Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas, custos associados ao tratamento da fase sólida**

<b>ETAR de Elvas</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	449,1 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	7.145,9 €/ano
<b>Custo a destino final</b>	15.719,7 €/ano
<b>Custo total</b>	22.866 €/ano



### 6.7.2 Cenário II – Desidratação em Elvas por centrífuga seguida de estufa de secagem e encaminhadas a destino final

Para este cenário, os princípios de digestão e desidratação de lamas por centrifugação, são os mesmos do cenário I. No entanto nesta hipótese é considerada a implementação de uma estufa de secagem de lamas na estação de Elvas de modo a promover uma menor quantidade de lama final. Após as lamas serem desidratadas pela centrífuga, (Tabela 6 - 26), estas serão encaminhadas para a estufa de secagem.

**Tabela 6-28 – Características do processo de desidratação na estufa de secagem de lamas na estação de Elvas**

Características da desidratação de lamas na estufa de secagem instalada na ETAR de Elvas	
Quantidade de lama enviada para a estufa	437 m <sup>3</sup> /ano
Quantidade de lama desidratada pela estufa de secagem	10 m <sup>3</sup> /ano
Concentração da lama desidratada	65 %

Na tabela seguinte são apresentados os custos anuais referentes à estação de Elvas:

**Tabela 6-29 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas, custos associados ao tratamento da fase sólida**

Custo anual com as lamas a serem encaminhadas para a estufa de secagem	
Quantidade de lama desidratada anual	449,1 ton/ano
Quantidade de lama enviada para a estufa	449,1 ton/ano
Quantidade de lama final produzida	10,4 ton/ano
Custo de desidratação	7.145,9 €/ano
Custo a destino final	6.218 €/ano
<b>Custo total</b>	<b>13.364 €/ano</b>

### 6.7.3 Cenário III – Desidratação em Elvas por centrífuga e nas outras ETAR através dos leitos de secagem.

Este cenário, é aquele que se encontra neste momento em vigor. As lamas são encaminhadas a destino final a partir das estações onde são produzidas, sendo desidratadas através de uma centrífuga na estação de Elvas e através de leitos de secagem nas restantes.

No que diz respeito à estação de Elvas, e tendo em conta o balanço de massas efectuado, esta e irá apenas desidratar uma vez por semana durante 8 horas, obtendo uma quantidade de lama anual igual a 435,6 m<sup>3</sup>.

**Tabela 6-30 - Características do digestor anaeróbio a frio da estação de Elvas**

Características do digestor	
Volume útil	1.083 m <sup>3</sup>
Caudal de lama digerida	8,2 m <sup>3</sup> /dia
Número de dias em que acumula lama espessada	7 dias
Volume de lama acumulada em 7 dias	57,4 m <sup>3</sup>
Carga de lamas ao fim de 7 dias	1.721 kg
Concentração da lama espessada	0,6 %

**Tabela 6-31 - Características do processo de desidratação por centrífuga na estação de Elvas**

Características da desidratação de lamas na ETAR de Elvas	
Número de dias que desidrata por mês	4 dias
Número de horas que desidrata por mês	32 horas
Número de meses que as lamas vão para desidratação	12 meses/ano
Quantidade de lama desidratada pela centrífuga	436 m <sup>3</sup> /ano
Concentração da lama desidratada	18 %
Quantidade de polielectrólito gasta	165 kg/ano
Quantidade de Cal viva gasta	41.308 kg/ano

Relativamente à estação de Vila Boim, esta tem a capacidade de desidratar toda a lama residual produzida através dos seus leitos de secagem, pois a sua produção de lama espessada diária é muito baixa o que permite acumular a lama no espessador durante o período de secagem das lamas nos leitos de secagem, obtendo-se uma quantidade de lama anual desidratada igual a 24,3 m<sup>3</sup>.

**Tabela 6-32 - Características do espessador gravítico da estação de Vila Boim**

Características do espessador	
Volume útil	46 m <sup>3</sup>
Caudal de lama espessada	1,32 m <sup>3</sup> /dia
Número de dias em que acumula lama espessada	30 dias
Volume de lama acumulada em 30 dias	39,6 m <sup>3</sup>
Carga de lamas ao fim de 30 dias	792 kg
Concentração da lama espessada	2 %

**Tabela 6-33 - Características dos leitos de secagem da estação de Vila Boim**

Características dos leitos de secagem na ETAR de Vila Boim	
Número de leitos de secagem	4
Volume unitário dos leitos	12,5 m <sup>3</sup>
Volume total dos leitos	50 m <sup>3</sup>
Volume de lama enviada para os leitos	482 m <sup>3</sup> /ano

**Tabela 6-34 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação de Vila Boim**

Características da desidratação de lamas pelos leitos de secagem na ETAR de Vila Boim	
Quantidade de lama desidratada pelos leitos de secagem	24,3 m <sup>3</sup> /ano
Concentração da lama desidratada	40 %

No que diz respeito às da Terrugem e de Arronches, estas já não têm capacidade de desidratar toda a lama produzida através de leitos de secagem de modo a obter o nível de desidratação pretendido pois a lama não poderia desidratar durante 28 dias. No entanto foi considerado para este cenário que seria possível desidratar toda a lama produzida através deste processo.

No que se refere à estação da Terrugem está previsto uma produção de lama espessada de 1.423 m<sup>3</sup>/ano, deste modo ir-se-á obter cerca de 214 m<sup>3</sup> de lama desidratada por ano.

**Tabela 6-35 - Características do espessador gravítico da estação da Terrugem**

Características do espessador	
Volume útil	46 m <sup>3</sup>
Caudal de lama espessada	3,9 m <sup>3</sup> /dia
Número de dias em que acumula lama espessada	10 dias
Volume de lama acumulada em 10 dias	39 m <sup>3</sup>
Carga de lamas ao fim de 10 dias	2.340 kg
Concentração da lama espessada	6 %

**Tabela 6-36 - Características dos leitos de secagem da estação da Terrugem**

Características dos leitos de secagem na ETAR da Terrugem	
Número de leitos de secagem	4
Volume unitário dos leitos	8 m <sup>3</sup>
Volume total dos leitos	32 m <sup>3</sup>
Volume de lama enviada para os leitos	1.423 m <sup>3</sup> /ano

**Tabela 6-37 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação da Terrugem**

Características da desidratação de lamas pelos leitos de secagem na ETAR da Terrugem	
Quantidade de lama desidratada pelos leitos de secagem	213,5 m <sup>3</sup> /ano
Concentração da lama desidratada	40 %

Já no que se refere à estação de Arronches está prevista uma produção de lama digerida de 1.715,5 m<sup>3</sup>/ano, deste modo ir-se-á obter cerca de 343 m<sup>3</sup> de lama desidratada por ano.

**Tabela 6-38 - Características do digestor Imhoff da estação de Arronches**

<b>Características do digestor Imhoff</b>	
<b>Volume útil</b>	350 m <sup>3</sup>
<b>Caudal de lama espessada</b>	4,7 m <sup>3</sup> /dia
<b>Número de dias em que acumula lama espessada</b>	70 dias
<b>Volume de lama acumulada em 70 dias</b>	330 m <sup>3</sup>
<b>Carga de lamas ao fim de 70 dias</b>	26 320 kg
<b>Concentração da lama espessada</b>	8 %

**Tabela 6-39 - Características dos leitos de secagem da estação de Arronches**

<b>Características dos leitos de secagem na ETAR de Arronches</b>	
<b>Número de leitos de secagem</b>	8
<b>Volume unitário dos leitos</b>	9 m <sup>3</sup>
<b>Volume total dos leitos</b>	71 m <sup>3</sup>
<b>Volume de lama enviada para os leitos</b>	1.715,5 m <sup>3</sup> /ano

**Tabela 6-40 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação de Arronches**

<b>Características da desidratação de lamas pelos leitos de secagem na ETAR de Arronches</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada pelos leitos de secagem</b>	343 m <sup>3</sup> /ano
<b>Concentração da lama desidratada</b>	40 %

Nas tabelas seguintes são apresentados os custos anuais referentes às 4 estações:

**Tabela 6-41 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas, custos associados ao tratamento da fase sólida**

ETAR de Elvas	
Quantidade de lama desidratada anual	449,1 ton/ano
Custo de desidratação	7.145,9 €/ano
Custo a destino final	15.719,7 €/ano
<b>Custo total</b>	<b>22.866 €/ano</b>

**Tabela 6-42 - Quantidade de lama desidratada na estação de Vila Boim, custos associados ao tratamento da fase sólida**

ETAR de Vila Boim	
Quantidade de lama desidratada anual	25,1 ton/ano
Custo de desidratação	0 €/ano
Custo a destino final	1.754 €/ano
<b>Custo total</b>	<b>1.754 €/ano</b>

**Tabela 6-43 - Quantidade de lama desidratada na estação da Terrugem, custos associados ao tratamento da fase sólida**

ETAR da Terrugem	
Quantidade de lama desidratada anual	220 ton/ano
Custo de desidratação	0 €/ano
Custo a destino final	11.720 €/ano
<b>Custo total</b>	<b>11.720 €/ano</b>

**Tabela 6-44 - Quantidade de lama desidratada na estação de Arronches, custos associados ao tratamento da fase sólida**

ETAR de Arronches	
Quantidade de lama desidratada anual	353 ton/ano
Custo de desidratação	0 €/ano
Custo a destino final	18.832 €/ano
<b>Custo total</b>	<b>18.832 €/ano</b>

**Tabela 6-45 – Quantidade de lama desidratada nas 4 estações, e custos associados ao tratamento das fases sólidas de cada estação**

<b>Custo anual com as 4 estações</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	800,5 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	7.145 €/ano
<b>Custo a destino final</b>	42.645 €/ano
<b>Custo total</b>	49.780 €/ano

#### 6.7.4 Cenário IV – Desidratação em Elvas por centrífuga e nas outras ETAR por leitos de secagem e UDL, e encaminhamento das lamas a destino final

Nas estações de Vila Boim, Terrugem e Arronches toda a lama produzida que não é encaminhada para os leitos de secagem é desidratada através de uma unidade móvel pertencente às AdNA e que se encontra na ETAR de Portalegre. Sendo que as lamas produzidas na ETAR de Elvas são desidratadas através de uma centrífuga.

No que diz respeito à estação de Elvas, e tendo em conta o balanço de massas efectuado, esta e irá apenas desidratar uma vez por semana durante 8 horas, obtendo uma quantidade de lama anual igual a 435,6 m<sup>3</sup>.

**Tabela 6-46 - Características do digestor anaeróbio a frio da estação de Elvas**

Características do digestor	
Volume útil	1.083 m <sup>3</sup>
Caudal de lama digerida	8,2 m <sup>3</sup> /dia
Número de dias em que acumula lama espessada	7 dias
Volume de lama acumulada em 7 dias	57,4 m <sup>3</sup>
Carga de lamas ao fim de 7 dias	1.721 kg
Concentração da lama espessada	0,6 %

**Tabela 6-47- Características do processo de desidratação por centrífuga na estação de Elvas**

Características da desidratação de lamas na ETAR de Elvas	
Número de dias que desidrata por mês	4 dias
Número de horas que desidrata por mês	32 horas
Número de meses que as lamas vão para desidratação	12 meses/ano
Quantidade de lama desidratada pela centrífuga	436 m <sup>3</sup> /ano
Concentração da lama desidratada	18 %
Quantidade de polielectrólito gasta	165 kg/ano
Quantidade de Cal viva gasta	41.308 kg/ano



Relativamente à estação de Vila Boim, esta não necessita de efectuar desidratação através da unidade móvel, pois a sua produção de lama espessada diária é muito baixa o que permite acumular a lama no espessador durante o período de secagem das lamas nos leitos de secagem, obtendo-se uma quantidade de lama anual desidratada igual a 24,3 m<sup>3</sup>.

**Tabela 6-48 - Características do espessador gravítico da estação de Vila Boim**

Características do espessador	
Volume útil	46 m <sup>3</sup>
Caudal de lama espessada	1,32 m <sup>3</sup> /dia
Número de dias em que acumula lama espessada	30 dias
Volume de lama acumulada em 30 dias	39,6 m <sup>3</sup>
Carga de lamas ao fim de 30 dias	792 kg
Concentração da lama espessada	2 %

**Tabela 6-49 - Características dos leitos de secagem da estação de Vila Boim**

Características dos leitos de secagem na ETAR de Vila Boim	
Número de leitos de secagem	4
Volume unitário dos leitos	12,5 m <sup>3</sup>
Volume total dos leitos	50 m <sup>3</sup>
Volume de lama enviada para os leitos	482 m <sup>3</sup> /ano

**Tabela 6-50 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação de Vila Boim**

Características da desidratação de lamas pelos leitos de secagem na ETAR de Vila Boim	
Número de dias que as lamas ficam nos leitos	28 dias
Número vezes que lamas são purgadas para os leitos	13 vezes/ano
Quantidade de lama desidratada pelos leitos de secagem	24,3 m <sup>3</sup> /ano
Concentração da lama desidratada	40 %

No entanto o mesmo já não acontece com as estações da Terrugem e de Arronches, neste dois casos já é necessária a deslocação da unidade móvel ao local para a desidratação das lamas que não podem ser enviadas para os leitos.

No que se refere à estação da Terrugem está previsto uma produção de lama espessada de 1.423 m<sup>3</sup>/ano, dos quais apenas 188 m<sup>3</sup> são enviados para leitos. De acordo com a capacidade de armazenamento de lamas espessada, foi considerado que a unidade móvel deveria se deslocar a esta estação 3 vezes por mês durante cerca de 10 meses pois de resto a lama será enviada para os leitos. Deste modo ir-se-á obter cerca de 566 m<sup>3</sup> de lama desidratada por ano.

**Tabela 6-51 - Características do espessador gravítico da estação da Terrugem**

Características do espessador	
<b>Volume útil</b>	46 m <sup>3</sup>
<b>Caudal de lama espessada</b>	3,9 m <sup>3</sup> /dia
<b>Número de dias em que acumula lama espessada</b>	10 dias
<b>Volume de lama acumulada em 10 dias</b>	39 m <sup>3</sup>
<b>Carga de lamas ao fim de 10 dias</b>	2.340 kg
<b>Concentração da lama espessada</b>	6 %

**Tabela 6-52- Características do processo de desidratação por filtro banda na estação da Terrugem**

Características da desidratação de lamas pelo filtro banda na ETAR da Terrugem	
<b>Número de dias que desidrata por mês</b>	3 dias
<b>Número de horas que desidrata por mês</b>	18 horas
<b>Número de meses que as lamas vão para desidratação</b>	10,33 meses/ano
<b>Quantidade de lama desidratada pelo filtro banda</b>	537 m <sup>3</sup> /ano
<b>Concentração da lama desidratada</b>	15 %
<b>Quantidade de polielectrólito gasta</b>	584 kg/ano
<b>Quantidade de Cal viva gasta</b>	36.493 kg/ano

**Tabela 6-53 - Características dos leitos de secagem da estação da Terrugem**

Características dos leitos de secagem na ETAR da Terrugem	
Número de leitos de secagem	4
Volume unitário dos leitos	8 m <sup>3</sup>
Volume total dos leitos	32 m <sup>3</sup>
Volume de lama enviada para os leitos	188 m <sup>3</sup> /ano

**Tabela 6-54 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação da Terrugem**

Características da desidratação de lamas pelos leitos de secagem na ETAR da Terrugem	
Número de dias que as lamas ficam nos leitos	28 dias
Número vezes que lamas são purgadas para os leitos	13 vezes/ano
Quantidade de lama desidratada pelos leitos de secagem	29 m <sup>3</sup> /ano
Concentração da lama desidratada	40 %

Já no que se refere à estação de Arronches está prevista uma produção de lama digerida de 1.715,5 m<sup>3</sup>/ano, dos quais 332 m<sup>3</sup> são enviados para os leitos de secagem. De acordo com a capacidade de armazenamento de lama digerida no tanque Imhoff, foi considerado que a unidade móvel deveria se deslocar a esta estação 4 vezes ao ano, permanecendo lá durante 5 dias de cada vez que lá vai. Deste modo ir-se-á obter cerca de 712,4 m<sup>3</sup> de lama desidratada por ano.

**Tabela 6-55 - Características do digestor Imhoff da estação de Arronches**

Características do digestor Imhoff	
Volume útil	350 m <sup>3</sup>
Caudal de lama espessada	4,7 m <sup>3</sup> /dia
Número de dias em que acumula lama espessada	70 dias
Volume de lama acumulada em 70 dias	330 m <sup>3</sup>
Carga de lamas ao fim de 70 dias	26 320 kg
Concentração da lama espessada	8 %

**Tabela 6-56 - Características do processo de desidratação por filtro banda na estação de Arronches**

<b>Características da desidratação de lamas pelo filtro banda na ETAR de Arronches</b>	
Número de dias que desidrata por ano	4 vezes
Número de dias que desidrata de cada vez	5 dias
Número de horas desidrata de cada vez	8 horas
Quantidade de lama desidratada pelo filtro banda	646 m <sup>3</sup> /ano
Concentração da lama desidratada	15 %
Quantidade de polielectrólito gasta	842 kg/ano
Quantidade de Cal viva gasta	52.640 kg/ano

**Tabela 6-57 - Características dos leitos de secagem da estação de Arronches**

<b>Características dos leitos de secagem na ETAR de Arronches</b>	
Número de leitos de secagem	8
Volume unitário dos leitos	9 m <sup>3</sup>
Volume total dos leitos	71 m <sup>3</sup>
Volume de lama enviada para os leitos	332 m <sup>3</sup> /ano

**Tabela 6-58 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação de Arronches**

<b>Características da desidratação de lamas pelos leitos de secagem na ETAR de Arronches</b>	
Número de dias que as lamas ficam nos leitos	28 dias
Número vezes que lamas são purgadas para os leitos	13 vezes/ano
Quantidade de lama desidratada pelos leitos de secagem	66,4 m <sup>3</sup> /ano
Concentração da lama desidratada	40 %

Nas tabelas seguintes são apresentados os custos anuais referentes às 4 estações:

**Tabela 6-59 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas, custos associados ao tratamento da fase sólida**

ETAR de Elvas	
Quantidade de lama desidratada anual	449,1 ton/ano
Custo de desidratação	7.145,9 €/ano
Custo a destino final	15.719,7 €/ano
<b>Custo total</b>	<b>22.866 €/ano</b>

**Tabela 6-60 - Quantidade de lama desidratada na estação de Vila Boim, custos associados ao tratamento da fase sólida**

ETAR de Vila Boim	
Quantidade de lama desidratada anual	25,1 ton/ano
Custo de desidratação	0 €/ano
Custo a destino final	1.335 €/ano
<b>Custo total</b>	<b>1.335 €/ano</b>

**Tabela 6-61 - Quantidade de lama desidratada na estação da Terrugem, custos associados ao tratamento da fase sólida**

ETAR da Terrugem	
Quantidade de lama desidratada anual	582,3 ton/ano
Custo de desidratação	10.909,6 €/ano
Custo a destino final	20.910€/ano
<b>Custo total</b>	<b>31.819 €/ano</b>

**Tabela 6-62 - Quantidade de lama desidratada na estação de Arronches, custos associados ao tratamento da fase sólida**

ETAR de Arronches	
Quantidade de lama desidratada anual	733,5 ton/ano
Custo de desidratação	10.547,4 €/ano
Custo a destino final	26.922 €/ano
<b>Custo total</b>	<b>37.470 €/ano</b>

**Tabela 6-63 – Quantidade de lama desidratada nas 4 estações, e custos associados ao tratamento das fases sólidas de cada estação**

<b>Custo anual com as 4 estações</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	1.790 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	28.603 €/ano
<b>Custo a destino final</b>	66.932 €/ano
<b>Custo total</b>	93.490 €/ano

#### **6.7.5 Cenário V – Desidratação em Elvas por centrífuga e nas outras ETAR por leitos de secagem e UDL com encaminhamento das lamas desidratadas para estufa de secagem de lamas e enviadas a destino final**

Neste cenário é considerado o tratamento da fase sólida de cada estação em separado, sendo que no fim toda a lama desidratada nas 4 estações será encaminhada para uma estufa de secagem de lamas, a ser implementada na ETAR de Elvas, de modo a produzir um volume de lama final mais reduzido de modo a diminuir os custos a destino final.

Este cenário em termos de quadros de valores de espessamento, digestão e desidratação é idêntico ao anterior. No entanto neste cenário é também considerado o transporte de lama desidratada através da fase móvel nas ETAR da Terrugem e Arronches para a ETAR de Elvas de modo a ser introduzida na estufa de secagem e seguir o seu tratamento de desidratação.

Relativamente à estação de Vila Boim, esta não necessita de efectuar desidratação através da unidade móvel, pois a sua produção de lama espessada diária é muito baixa o que permite acumular a lama no espessador durante o período de secagem das lamas nos leitos de secagem, obtendo-se uma quantidade de lama anual desidratada igual a 24,3 m<sup>3</sup>. Não enviando qualquer lama para a estação de Elvas.

No entanto o mesmo já não acontece com as estações da Terrugem e de Arronches, neste dois casos já é necessária a deslocação da unidade móvel ao local para a desidratação das lamas que não podem ser enviadas para os leitos.

No que se refere à estação da Terrugem está previsto uma produção de lama espessada de 1.423 m<sup>3</sup>/ano, dos quais apenas 188 m<sup>3</sup> são enviados para leitos. De acordo com a capacidade de armazenamento de lamas espessada, foi considerado que a unidade móvel deveria se deslocar a esta estação 3 vezes por mês durante cerca de 10 meses pois de resto a lama será enviada para os leitos. Deste modo ir-se-á obter cerca de 566 m<sup>3</sup> de lama desidratada por ano, lama esta que será encaminhada para a ETAR de Elvas de modo a ser introduzida na estufa. O seu transporte será efectuado após a finalização de cada operação de desidratação da fase móvel.

**Tabela 6-64 – Características do transporte de lamas desidratadas da estação da Terrugem para a estação de Elvas**

<b>Características do transporte das lamas desidratadas na ETAR da Terrugem</b>	
<b>Número de dias que o camião limpa-fossas se desloca à estação</b>	3 dias/mês
<b>Número de carregamentos efectuados pelo camião limpa-fossas em cada deslocação</b>	3 carregamentos
<b>Número de meses que o camião limpa-fossas se tem de deslocar à estação</b>	Aproximadamente 10 meses/ano
<b>Quantidade de lama desidratada transportada</b>	537 m <sup>3</sup> /ano

Já no que se refere à estação de Arronches está prevista uma produção de lama digerida de 1.715,5 m<sup>3</sup>/ano, dos quais 332 m<sup>3</sup> são enviados para os leitos de secagem. De acordo com a capacidade de armazenamento de lama digerida no tanque Imhoff, foi considerado que a unidade móvel se deveria deslocar a esta estação 4 vezes ao ano, permanecendo lá durante 5 dias de cada vez que lá vai. Deste modo ir-se-á obter cerca de 712,4 m<sup>3</sup> de lama desidratada por ano, lama esta que será encaminhada para a ETAR de Elvas de modo a ser introduzida na estufa. O seu transporte será efectuado após a finalização de cada operação de desidratação da fase móvel.

**Tabela 6-65 - Características do transporte de lamas desidratadas da estação de Arronches para a estação de Elvas**

<b>Características do transporte das lamas desidratadas na ETAR de Arronches</b>	
<b>Número de dias que o camião limpa-fossas se desloca à estação</b>	20 dias/mês
<b>Número de carregamentos efectuados pelo camião limpa-fossas em cada deslocação</b>	5 carregamentos
<b>Número de meses que o camião limpa-fossas se tem de deslocar à estação</b>	Aproximadamente 10 meses/ano
<b>Quantidade de lama desidratada transportada</b>	646 m <sup>3</sup> /ano



Após as lamas serem desidratadas através da fase móvel nas ETAR da Terrugem e Arronches, estas serão encaminhadas para a estação de Elvas de modo a poderem ser introduzidas na estufa de secagem juntamente com as lamas desidratadas nesta estação.

**Tabela 6-66 - Características da desidratação de lamas na estufa de secagem instalada na ETAR de Elvas**

<b>Características da desidratação de lamas na estufa de secagem instalada na ETAR de Elvas</b>	
<b>Quantidade de lama enviada para a estufa</b>	1.619 m <sup>3</sup> /ano
<b>Quantidade de lama desidratada pela estufa de secagem</b>	394 m <sup>3</sup> /ano
<b>Concentração da lama desidratada</b>	65 %

Nas tabelas seguintes são apresentados os custos anuais referentes às 4 estações:

**Tabela 6-67 – Quantidade de lama desidratada por centrífuga na estação de Elvas e o custo associado ao processo**

<b>ETAR de Elvas</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	449,1 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	7.145,9 €/ano

**Tabela 6-68 - Quantidade de lama desidratada na estação de Vila Boim e o custo associado ao processo**

<b>ETAR de Vila Boim</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	25,1 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	0 €/ano

**Tabela 6-69 - Quantidade de lama desidratada na estação da Terrugem e o custo associado ao processo**

<b>ETAR da Terrugem</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	582,3 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	10.909,6 €/ano

**Tabela 6-70 - Quantidade de lama desidratada na estação de Arronches e o custo associado ao processo**

<b>ETAR de Arronches</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	733,5 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	10.547,4 €/ano

**Tabela 6-71 - Quantidade de lama desidratada nas 4 estações, e custos associados ao tratamento das fases sólidas de cada estação**

<b>Custo anual com as 4 estações a serem encaminhadas para a estufa de secagem</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	1.788 ton/ano
<b>Quantidade de lama enviada para a estufa</b>	1.667 ton/ano
<b>Quantidade de lama final produzida</b>	526 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	28.603 €/ano
<b>Custo a destino final</b>	28.135 €/ano
<b>Custo de transporte das lamas desidratadas</b>	8.762 €/ano
<b>Custo total</b>	65.500 €/ano

### 6.7.6 Cenário VI – Desidratação em Elvas por centrífuga e nas outras ETAR só por UDL e encaminhadas a destino final

Neste cenário é considerado que toda a lama produzida nas estações de Vila Boim, Terrugem e Arronches é desidratada através da unidade móvel, sem que seja enviada qualquer quantidade de lama para os leitos de secagem. Sendo que as lamas produzidas na ETAR de Elvas são desidratadas através de uma centrífuga.

No que diz respeito à estação de Elvas, e tendo em conta o balanço de massas efectuado, esta e irá apenas desidratar uma vez por semana durante 8 horas, obtendo uma quantidade de lama anual igual a 435,6 m<sup>3</sup>.

**Tabela 6-72 - Características do digestor anaeróbio a frio da estação de Elvas**

Características do digestor	
Volume útil	1.083 m <sup>3</sup>
Caudal de lama digerida	8,2 m <sup>3</sup> /dia
Número de dias em que acumula lama espessada	7 dias
Volume de lama acumulada em 7 dias	57,4 m <sup>3</sup>
Carga de lamas ao fim de 7 dias	1721 kg
Concentração da lama espessada	0,6 %

**Tabela 6-73 – Características do processo de desidratação por centrífuga na estação de Elvas**

Características da desidratação de lamas na ETAR de Elvas	
Número de dias que desidrata por mês	4 dias
Número de horas que desidrata por mês	32 horas
Número de meses que as lamas vão para desidratação	12 meses/ano
Quantidade de lama desidratada pela centrífuga	436 m <sup>3</sup> /ano
Concentração da lama desidratada	18 %
Quantidade de polielectrólito gasta	165 kg/ano
Quantidade de Cal viva gasta	41.308 kg/ano

Relativamente à estação de Vila Boim, está previsto uma produção de lama espessada de 482 m<sup>3</sup>. De acordo com a capacidade de armazenamento de lamas espessada, foi considerado que a unidade móvel deveria se deslocar a esta estação 1 vezes por mês durante 12 meses. Deste modo ir-se-á obter cerca de 29,5 m<sup>3</sup> de lama desidratada por ano.

**Tabela 6-74 – Características do espessador gravítico da estação de Vila Boim**

<b>Características do espessador</b>	
<b>Volume útil</b>	46 m <sup>3</sup>
<b>Caudal de lama espessada</b>	1,32 m <sup>3</sup> /dia
<b>Número de dias em que acumula lama espessada</b>	30 dias
<b>Volume de lama acumulada em 30 dias</b>	39,6 m <sup>3</sup>
<b>Carga de lamas ao fim de 30 dias</b>	792 kg
<b>Concentração da lama espessada</b>	2 %

**Tabela 6-75- Características do processo de desidratação por filtro banda na estação de Vila Boim**

<b>Características da desidratação de lamas pelo filtro banda na ETAR de Vila Boim</b>	
<b>Número de dias que desidrata por mês</b>	1 dias
<b>Número de horas que desidrata por mês</b>	8 horas
<b>Número de meses que as lamas vão para desidratação</b>	12 meses/ano
<b>Quantidade de lama desidratada pelo filtro banda</b>	29 m <sup>3</sup> /ano
<b>Concentração da lama desidratada</b>	15 %
<b>Quantidade de polielectrólito gasta</b>	38 kg/ano
<b>Quantidade de Cal viva gasta</b>	2.376 kg/ano

No que se refere à estação da Terrugem está previsto uma produção de lama espessada de 1.423 m<sup>3</sup>/ano. De acordo com a capacidade de armazenamento de lamas espessada, foi considerado que a unidade móvel se deveria deslocar a esta estação 3 vezes por mês durante 12 meses. Deste modo ir-se-á obter cerca de 620 m<sup>3</sup> de lama desidratada por ano.

**Tabela 6-76 - Características do espessador gravítico da estação da Terrugem**

<b>Características do espessador</b>	
<b>Volume útil</b>	46 m <sup>3</sup>
<b>Caudal de lama espessada</b>	3,9 m <sup>3</sup> /dia
<b>Número de dias em que acumula lama espessada</b>	10 dias
<b>Volume de lama acumulada em 10 dias</b>	39 m <sup>3</sup>
<b>Carga de lamas ao fim de 10 dias</b>	2.340 kg
<b>Concentração da lama espessada</b>	6 %

**Tabela 6-77- Características do processo de desidratação por filtro banda na estação da Terrugem**

<b>Características da desidratação de lamas pelo filtro banda na ETAR da Terrugem</b>	
<b>Número de dias que desidrata por mês</b>	3 dias
<b>Número de horas que desidrata por mês</b>	18 horas
<b>Número de meses que as lamas vão para desidratação</b>	12 meses/ano
<b>Quantidade de lama desidratada pelo filtro banda</b>	620 m <sup>3</sup> /ano
<b>Concentração da lama desidratada</b>	15 %
<b>Quantidade de polielectrólito gasta</b>	674 kg/ano
<b>Quantidade de Cal viva gasta</b>	42.120 kg/ano

Já no que se refere à estação de Arronches está prevista uma produção de lama digerida de 1.715,5 m<sup>3</sup>/ano. De acordo com a capacidade de armazenamento de lama digerida no tanque Imhoff, foi considerado que a unidade móvel se deveria deslocar a esta estação 5 vezes ao ano, permanecendo lá durante 5 dias de cada vez que lá vai. Deste modo ir-se-á obter cerca de 807 m<sup>3</sup> de lama desidratada por ano.

**Tabela 6-78 - Características do digestor Imhoff da estação de Arronches**

<b>Características do digestor Imhoff</b>	
<b>Volume útil</b>	350 m <sup>3</sup>
<b>Caudal de lama espessada</b>	4,7 m <sup>3</sup> /dia
<b>Número de dias em que acumula lama espessada</b>	70 dias
<b>Volume de lama acumulada em 70 dias</b>	330 m <sup>3</sup>
<b>Carga de lamas ao fim de 70 dias</b>	26.320 kg
<b>Concentração da lama espessada</b>	8 %

**Tabela 6-79 - Características do processo de desidratação por filtro banda na estação de Arronches**

<b>Características da desidratação de lamas pelo filtro banda na ETAR de Arronches</b>	
<b>Número de dias que desidrata por ano</b>	5 vezes
<b>Número de dias que desidrata de cada vez</b>	5 dias
<b>Número de horas desidrata de cada vez</b>	8 horas
<b>Quantidade de lama desidratada pelo filtro banda</b>	807 m <sup>3</sup> /ano
<b>Concentração da lama desidratada</b>	15 %
<b>Quantidade de polielectrólito gasta</b>	1 053 kg/ano
<b>Quantidade de Cal viva gasta</b>	65.800 kg/ano

Nas tabelas seguintes são apresentados os custos anuais referentes às 4 estações:

**Tabela 6-80 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas, custos associados ao tratamento da fase sólida**

<b>ETAR de Elvas</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	449,1 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	7.145,9 €/ano
<b>Custo a destino final</b>	15.719,7 €/ano
<b>Custo total</b>	22.866 €/ano

**Tabela 6-81 - Quantidade de lama desidratada na estação de Vila Boim, custos associados ao tratamento da fase sólida**

<b>ETAR de Vila Boim</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	30 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	3.928 €/ano
<b>Custo a destino final</b>	1.050,7 €/ano
<b>Custo total</b>	4.979 €/ano

**Tabela 6-82 - Quantidade de lama desidratada na estação da Terrugem, custos associados ao tratamento da fase sólida**

<b>ETAR da Terrugem</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	638,6 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	12.592 €/ano
<b>Custo a destino final</b>	22.351 €/ano
<b>Custo total</b>	34.943 €/ano

**Tabela 6-83 - Quantidade de lama desidratada na estação de Arronches custos associados ao tratamento da fase sólida**

<b>ETAR de Arronches</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	831,4 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	12.795 €/ano
<b>Custo a destino final</b>	29.098 €/ano
<b>Custo total</b>	41.893 €/ano

**Tabela 6-84 - Quantidade de lama desidratada nas 4 estações e custos associados ao tratamento da fase sólida**

<b>Custo anual com as 4 estações</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	1.949 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	36.461 €/ano
<b>Custo a destino final</b>	68.219 €/ano
<b>Custo total</b>	104.680 €/ano

### **6.7.7 Cenário VII - Desidratação em Elvas por centrífuga e nas outras ETAR só por UDL sendo encaminhadas para estufa de secagem e enviadas para destino final**

Neste cenário é considerado que toda a lama produzida nas estações de Vila Boim, Terrugem e Arronches é desidratada através da unidade móvel, sem que seja enviada qualquer quantidade de lama para os leitos de secagem, sendo posteriormente encaminhada para a estação de Elvas de modo a ser introduzida na estufa de secagem de lamas juntamente com a lama produzida pelo tratamento da fase sólida na ETAR de Elvas.

Este cenário em termos de quadros de valores de espessamento, digestão e desidratação é idêntico ao anterior. No entanto neste cenário é também considerado o transporte de lama desidratada nas ETAR de Vila Boim, Terrugem e Arronches para a ETAR de Elvas de modo a ser introduzida na estufa de secagem e seguir o seu tratamento de desidratação.

Relativamente à estação de Vila Boim, está previsto uma produção de lama espessada de 482 m<sup>3</sup>. De acordo com a capacidade de armazenamento de lamas espessada, foi considerado que a unidade móvel deveria se deslocar a esta estação 1 vezes por mês durante 12 meses. Deste modo ir-se-á obter cerca de 29,5 m<sup>3</sup> de lama desidratada por ano, lama esta que será encaminhada para a ETAR de Elvas de modo a ser introduzida na estufa. O seu transporte será efectuado após a finalização de cada operação de desidratação da fase móvel.

**Tabela 6-85 - Características do transporte das lamas desidratadas da estação de Vila Boim para a estação de Elvas**

<b>Características do transporte das lamas desidratadas na ETAR de Vila Boim</b>	
<b>Número de dias que o camião limpa-fossas se desloca à estação</b>	1 dia/mês
<b>Número de carregamentos efectuados pelo camião limpa-fossas em cada deslocação</b>	1 carregamento
<b>Número de meses que o camião limpa-fossas se tem de deslocar à estação</b>	12 meses/ano
<b>Quantidade de lama desidratada transportada</b>	29 m <sup>3</sup> /ano



No que se refere à estação da Terrugem está previsto uma produção de lama espessada de 1.423 m<sup>3</sup>/ano. De acordo com a capacidade de armazenamento de lamas espessada, foi considerado que a unidade móvel deveria se deslocar a esta estação 3 vezes por mês durante 12 meses. Deste modo ir-se-á obter cerca de 620 m<sup>3</sup> de lama desidratada por ano, lama esta que será encaminhada para a ETAR de Elvas de modo a ser introduzida na estufa. O seu transporte será efectuado após a finalização de cada operação de desidratação da fase móvel.

**Tabela 6-86 - Características do transporte das lamas desidratadas da estação da Terrugem para a estação de Elvas**

<b>Características do transporte das lamas desidratadas na ETAR da Terrugem</b>	
<b>Número de dias que o camião limpa-fossas se desloca à estação</b>	3 dias/mês
<b>Número de carregamentos efectuados pelo camião limpa-fossas em cada deslocação</b>	3 carregamentos
<b>Número de meses que o camião limpa-fossas se tem de deslocar à estação</b>	12 meses/ano
<b>Quantidade de lama desidratada transportada</b>	620 m <sup>3</sup> /ano

Já no que se refere à estação de Arronches está prevista uma produção de lama digerida de 1.715,5 m<sup>3</sup>/ano. De acordo com a capacidade de armazenamento de lama digerida no tanque Imhoff, foi considerado que a unidade móvel deveria se deslocar a esta estação 5 vezes ao ano, permanecendo lá durante 5 dias de cada vez que lá vai. Deste modo ir-se-á obter cerca de 807 m<sup>3</sup> de lama desidratada por ano, lama esta que será encaminhada para a ETAR de Elvas de modo a ser introduzida na estufa. O seu transporte será efectuado após a finalização de cada operação de desidratação da fase móvel.

**Tabela 6-87 - Características do transporte das lamas desidratadas da estação de Arronches para a estação de Elvas**

<b>Características do transporte das lamas desidratadas na ETAR de Arronches</b>	
<b>Número de dias que o camião limpa-fossas se desloca à estação</b>	25 dias/ano
<b>Número de carregamentos efectuados pelo camião limpa-fossas em cada deslocação</b>	5 carregamentos
<b>Número de meses que o camião limpa-fossas se tem de deslocar à estação</b>	12 meses/ano
<b>Quantidade de lama desidratada transportada</b>	807 m <sup>3</sup> /ano

Após as lamas serem desidratadas nas ETAR de Vila Boim, Terrugem e Arronches, estas serão encaminhadas para a estação de Elvas de modo a poderem ser introduzidas na estufa de secagem juntamente com as lamas desidratadas na estação de Elvas.

**Tabela 6-88 - Características da desidratação de lamas na estufa de secagem instalada na ETAR de Elvas**

<b>Características da desidratação de lamas na estufa de secagem instalada na ETAR de Elvas</b>	
<b>Quantidade de lama enviada para a estufa</b>	1.950 m <sup>3</sup> /ano
<b>Quantidade de lama desidratada pela estufa de secagem</b>	471 m <sup>3</sup> /ano
<b>Concentração da lama desidratada</b>	65 %

Nas tabelas seguintes são apresentados os custos anuais referentes às 4 estações:

**Tabela 6-89 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas e o custo associado ao processo**

<b>ETAR de Elvas</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	449,1 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	7.145,9 €/ano

**Tabela 6-90 - Quantidade de lama desidratada na estação de Vila Boim e o custo associado ao processo**

<b>ETAR de Vila Boim</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	30 ton/ano
<b>Custo de desidratação, transporte e operador da fase móvel</b>	3.928 €/ano

**Tabela 6-91 - Quantidade de lama desidratada na estação da Terrugem e o custo associado ao processo**

<b>ETAR da Terrugem</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	639 ton/ano
<b>Custo de desidratação, transporte e operador da fase móvel</b>	12.592€/ano

**Tabela 6-92 - Quantidade de lama desidratada na estação de Arronches e o custo associado ao processo**

<b>ETAR de Arronches</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	831 ton/ano
<b>Custo de desidratação, transporte e operador da fase móvel</b>	12.795 €/ano

**Tabela 6-93 - Quantidade de lama desidratada nas 4 estações, e custos associados ao tratamento das fases sólidas de cada estação**

<b>Custo anual com as 4 estações a serem encaminhadas para a estufa de secagem</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	1.950 ton/ano
<b>Quantidade de lama enviada para a estufa</b>	1.950 ton/ano
<b>Quantidade de lama final produzida</b>	471 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	36.461 €/ano
<b>Custo a destino final</b>	25.074 €/ano
<b>Custo de transporte das lamas desidratadas</b>	11.872 €/ano
<b>Custo total</b>	83.407€/ano

### **6.7.8 Cenário VIII – Elvas a funcionar como unidade centralizadora de lamas, sem que as outras ETAR enviem lamas para os leitos de secagem, e enviadas a destino final**

Neste cenário é considerado que toda a lama produzida nas estações de Vila Boim, Terrugem e Arronches é encaminhada para a ETAR de Elvas onde será introduzida no digestor anaeróbio, de modo a sofrer o restante tratamento de fase sólida nesta estação.

Relativamente à estação de Vila Boim, está previsto uma produção de lama espessada de 482 m<sup>3</sup>. De acordo com a capacidade de armazenamento de lamas espessada, foi considerado que o camião limpa-fossas deveria se deslocar a esta estação 1 vezes por mês durante 12 meses. Sendo que de cada vez que esta se deslocar à estação de Vila Boim terá de efectuar 6 carregamentos de lama espessada para a ETAR de Elvas. Deste modo ir-se-á transportar cerca de 482 m<sup>3</sup> de lama espessada por ano para a estação de Elvas.

**Tabela 6-94 - Características do espessador gravítico da estação de Vila Boim**

Características do espessador	
Volume útil	46 m <sup>3</sup>
Caudal de lama espessada	1,32 m <sup>3</sup> /dia
Número de dias em que acumula lama espessada	30 dias
Volume de lama acumulada em 30 dias	39,6 m <sup>3</sup>
Carga de lamas ao fim de 30 dias	792 kg
Concentração da lama espessada	2 %

**Tabela 6-95 - Características do transporte das lamas espessadas da estação de Vila Boim para a estação de Elvas**

Características do transporte das lamas espessadas na ETAR de Vila Boim	
Número de dias que o camião limpa-fossas se desloca à estação	1 dia/mês
Número de carregamentos efectuados pelo camião limpa-fossas em cada deslocação	6 carregamentos
Número de meses que o camião limpa-fossas se tem de deslocar à estação	12 meses/ano
Quantidade de lama espessada transportada	482 m <sup>3</sup> /ano

No que se refere à estação da Terrugem está previsto uma produção de lama espessada de 1.423 m<sup>3</sup>/ano. De acordo com a capacidade de armazenamento de lamas espessada, foi considerado que o camião limpa-fossas se deveria deslocar a esta estação 3 vezes por mês durante 12 meses. Sendo que de cada vez que esta se deslocar à estação da Terrugem terá de efectuar 6 carregamentos de lama espessada para a ETAR de Elvas Deste modo ir-se-á transportar cerca de 1 423 m<sup>3</sup> de lama espessada por ano para a estação de Elvas.

**Tabela 6-96 - Características do espessador gravítico da estação da Terrugem**

<b>Características do espessador</b>	
<b>Volume útil</b>	46 m <sup>3</sup>
<b>Caudal de lama espessada</b>	3,9 m <sup>3</sup> /dia
<b>Número de dias em que acumula lama espessada</b>	10 dias
<b>Volume de lama acumulada em 10 dias</b>	39 m <sup>3</sup>
<b>Carga de lamas ao fim de 10 dias</b>	2.340 kg
<b>Concentração da lama espessada</b>	6 %

**Tabela 6-97 - Características do transporte das lamas espessadas da estação da Terrugem para a estação de Elvas**

<b>Características do transporte das lamas espessadas na ETAR da Terrugem</b>	
<b>Número de dias que o camião limpa-fossas se desloca à estação</b>	3 dias/mês
<b>Número de carregamentos efectuados pelo camião limpa-fossas em cada deslocação</b>	6 carregamentos
<b>Número de meses que o camião limpa-fossas se tem de deslocar à estação</b>	12 meses/ano
<b>Quantidade de lama espessada transportada</b>	1.423 m <sup>3</sup> /ano

Já no que se refere à estação de Arronches está prevista uma produção de lama digerida de 1.715,5 m<sup>3</sup>/ano. De acordo com a capacidade de armazenamento de lama digerida no tanque Imhoff, foi considerado que o camião limpa fossas deveria se deslocar a esta estação 5 vezes ao ano, permanecendo lá durante 5 dias de cada vez que lá vai. Sendo que cada dia que esta se deslocar à estação de Arronches terá de efectuar 10 carregamentos de lama digerida para a

ETAR de Elvas Deste modo ir-se-á transportar cerca de 1.715 m<sup>3</sup> de lama digerida por ano para a estação de Elvas.

**Tabela 6-98 - Características do digestor Imhoff da estação de Arronches**

<b>Características do digestor Imhoff</b>	
<b>Volume útil</b>	350 m <sup>3</sup>
<b>Caudal de lama espessada</b>	4,7 m <sup>3</sup> /dia
<b>Número de dias em que acumula lama espessada</b>	70 dias
<b>Volume de lama acumulada em 70 dias</b>	330 m <sup>3</sup>
<b>Carga de lamas ao fim de 70 dias</b>	26.320 kg
<b>Concentração da lama espessada</b>	8 %

**Tabela 6-99 - Características do transporte das lamas espessadas da estação de Arronches para a estação de Elvas**

<b>Características do transporte das lamas digeridas na ETAR de Arronches</b>	
<b>Número de dias que o camião limpa-fossas se desloca à estação</b>	25 dias/ano
<b>Número de carregamentos efectuados pelo camião limpa-fossas em cada deslocação</b>	10 carregamentos
<b>Número de meses que o camião limpa-fossas se tem de deslocar à estação</b>	12 meses/ano
<b>Quantidade de lama digerida transportada</b>	1.715 m <sup>3</sup> /ano

Após o transporte das lamas espessadas e digeridas para a estação de Elvas, estas serão introduzidas no digestor anaeróbio a frio, através do poço de bombagem de lamas primárias, seguindo o processo de tratamento juntamente com a lama produzida em Elvas. Por isso, no que diz respeito à estação de Elvas, e tendo em conta o balanço de massas efectuado, esta e irá desidratar três vezes por semana durante 7 horas, obtendo uma quantidade de lama anual desidratada igual a 1.148 m<sup>3</sup>.

**Tabela 6-100 - Características do digestor anaeróbio a frio da estação de Elvas**

Características do digestor	
Volume útil	1.083 m <sup>3</sup>
Caudal de lama digerida	22 m <sup>3</sup> /dia
Número de dias em que acumula lama espessada	7 dias
Volume de lama acumulada em 7 dias	151 m <sup>3</sup>
Carga de lamas ao fim de 7 dias	4.530 kg
Concentração da lama espessada	1,2 %

**Tabela 6-101 - Características do processo de desidratação por centrífuga na estação de Elvas**

Características da desidratação de lamas na ETAR de Elvas	
Número de dias que desidrata por mês	12 dias
Número de horas que desidrata por mês	84 horas
Número de meses que as lamas vão para desidratação	12 meses/ano
Quantidade de lama desidratada pela centrífuga	1.148 m <sup>3</sup> /ano
Concentração da lama desidratada	18 %
Quantidade de polielectrólito gasta	1.740 kg/ano
Quantidade de Cal viva gasta	108.730 kg/ano

Nas tabelas seguintes são apresentados os custos anuais referentes ao tratamento das 4 estações na ETAR de Elvas:

**Tabela 6-102 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas, custos associados ao tratamento da fase sólida**

ETAR de Elvas	
Quantidade de lama desidratada anual	1.182 ton/ano
Custo de desidratação	17.123 €/ano
Custo a destino final	41.371 €/ano
Custo de transporte de lamas de outras ETAR para a ETAR de Elvas	17.068 €/ano
<b>Custo total</b>	<b>75.562 €/ano</b>

### 6.7.9 Cenário IX - Elvas a funcionar como unidade centralizadora de lamas, sem que as outras ETAR enviem lamas para os leitos de secagem, sendo encaminhadas para estufa de secagem e envio a destino final

Neste cenário é considerado que toda a lama produzida nas estações de Vila Boim, Terrugem e Arronches é encaminhada para a ETAR de Elvas onde será introduzida no digestor anaeróbio, de modo a sofrer o restante tratamento de fase sólida nesta estação, sendo que no fim de ser desidratada na centrífuga a lama será encaminhada para uma estufa de secagem de lamas a ser implementada na estação de Elvas.

Este cenário em termos de quadros de valores de espessamento, digestão, desidratação e transporte de lamas é idêntico ao anterior. No entanto neste cenário é também considerado o envio das lamas após o processo de desidratação por centrífuga para a estufa de secagem de lamas.

**Tabela 6-103- Características da desidratação de lamas na estufa de secagem instalada na ETAR de Elvas**

Características da desidratação de lamas na estufa de secagem instalada na ETAR de Elvas	
Quantidade de lama enviada para a estufa	1.147 m <sup>3</sup> /ano
Quantidade de lama desidratada pela estufa de secagem	318 m <sup>3</sup> /ano
Concentração da lama desidratada	65 %

Nas tabelas seguintes são apresentados os custos anuais referentes ao tratamento das 4 estações na ETAR de Elvas:

**Tabela 6-104 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas, custos associados ao tratamento da fase sólida**

Custo anual com as 4 estações a sofrerem o tratamento na ETAR de Elvas e a serem encaminhadas para a estufa de secagem	
Quantidade de lama desidratada anual	1.182 ton/ano
Quantidade de lama final	327 ton/ano
Custo de desidratação	17.123 €/ano
Custo a destino final	17.444 €/ano
Custo de transporte de lamas de outras ETAR para a ETAR de Elvas	17.068 €/ano
<b>Custo total</b>	<b>51.634 €/ano</b>



### **6.7.10 Cenário X - Elvas a funcionar como unidade centralizadora de lamas, tendo em conta a quantidade de lama enviada para leitos de secagem nas outras ETAR, e enviadas para destino final**

Neste cenário é considerado que toda a lama produzida nas estações de Vila Boim, Terrugem e Arronches, excepto aquela que é enviada para os leitos de secagem das respectivas ETAR, é encaminhada para a ETAR de Elvas onde será introduzida no digestor anaeróbio, de modo a sofrer o restante tratamento de fase sólida nesta estação.

Relativamente à estação de Vila Boim, não será necessário enviar qualquer quantidade de lama espessada para a ETAR de Elvas, pois a sua produção de lama espessada diária é muito baixa o que permite acumular a lama no espessador durante o período de secagem das lamas nos leitos de secagem, obtendo-se uma quantidade de lama anual desidratada igual a 24,3 m<sup>3</sup>.

**Tabela 6-105 - Características do espessador gravítico da estação de Vila Boim**

Características do espessador	
Volume útil	46 m <sup>3</sup>
Caudal de lama espessada	1,32 m <sup>3</sup> /dia
Número de dias em que acumula lama espessada	30 dias
Volume de lama acumulada em 30 dias	39,6 m <sup>3</sup>
Carga de lamas ao fim de 30 dias	792 kg
Concentração da lama espessada	2 %

**Tabela 6-106 - Características dos leitos de secagem da estação de Vila Boim**

Características dos leitos de secagem na ETAR de Vila Boim	
Número de leitos de secagem	4
Volume unitário dos leitos	12,5 m <sup>3</sup>
Volume total dos leitos	50 m <sup>3</sup>
Volume de lama enviada para os leitos	482 m <sup>3</sup> /ano

**Tabela 6-107 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação de Vila Boim**

<b>Características da desidratação de lamas pelos leitos de secagem na ETAR de Vila Boim</b>	
<b>Número de dias que as lamas ficam nos leitos</b>	28 dias
<b>Número vezes que lamas são purgadas para os leitos</b>	13 vezes/ano
<b>Quantidade de lama desidratada pelos leitos de secagem</b>	24,3 m <sup>3</sup> /ano
<b>Concentração da lama desidratada</b>	40 %

No que se refere à estação da Terrugem está previsto uma produção de lama espessada de 1423 m<sup>3</sup>/ano. De acordo com a capacidade de armazenamento de lamas espessada, foi considerado que o camião limpa-fossas deveria se deslocar a esta estação 3 vezes por mês durante cerca de 10 meses. Sendo que de cada vez que esta se deslocar à estação da Terrugem terá de efectuar 6 carregamentos de lama espessada para a ETAR de Elvas. Deste modo ir-se-á transportar cerca de 1.236 m<sup>3</sup> de lama espessada por ano para a estação de Elvas. Os restantes 188 m<sup>3</sup> de lama espessada produzida nesta estação serão enviadas para os leitos de secagem, obtendo um volume final de lama desidratada de 28 m<sup>3</sup>.

**Tabela 6-108 - Características do espessador gravítico da estação da Terrugem**

<b>Características do espessador</b>	
<b>Volume útil</b>	46 m <sup>3</sup>
<b>Caudal de lama espessada</b>	3,9 m <sup>3</sup> /dia
<b>Número de dias em que acumula lama espessada</b>	10 dias
<b>Volume de lama acumulada em 10 dias</b>	39 m <sup>3</sup>
<b>Carga de lamas ao fim de 10 dias</b>	2.340 kg
<b>Concentração da lama espessada</b>	6 %

**Tabela 6-109 - Características do transporte das lamas espessadas da estação da Terrugem para a estação de Elvas**

<b>Características do transporte das lamas espessadas na ETAR da Terrugem</b>	
<b>Número de dias que o camião limpa-fossas se desloca à estação</b>	3 dias/mês
<b>Número de carregamentos efectuados pelo camião limpa-fossas em cada deslocação</b>	6 carregamentos
<b>Número de meses que o camião limpa-fossas se tem de deslocar à estação</b>	Aproximadamente 10 meses/ano
<b>Quantidade de lama espessada transportada</b>	1.236 m <sup>3</sup> /ano

**Tabela 6-110 - Características dos leitos de secagem da estação da Terrugem**

<b>Características dos leitos de secagem na ETAR da Terrugem</b>	
<b>Número de leitos de secagem</b>	4
<b>Volume unitário dos leitos</b>	8 m <sup>3</sup>
<b>Volume total dos leitos</b>	32 m <sup>3</sup>
<b>Volume de lama enviada para os leitos</b>	188 m <sup>3</sup> /ano

**Tabela 6-111 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação da Terrugem**

<b>Características da desidratação de lamas pelos leitos de secagem na ETAR da Terrugem</b>	
<b>Número de dias que as lamas ficam nos leitos</b>	28 dias
<b>Número vezes que lamas são purgadas para os leitos</b>	13 vezes/ano
<b>Quantidade de lama desidratada pelos leitos de secagem</b>	28 m <sup>3</sup> /ano
<b>Concentração da lama desidratada</b>	40 %

Já no que se refere à estação de Arronches está prevista uma produção de lama digerida de 1715,5 m<sup>3</sup>/ano. De acordo com a capacidade de armazenamento de lama digerida no tanque Imhoff, foi considerado que o camião limpa fossas deveria se deslocar a esta estação 4 vezes ao ano, permanecendo lá durante 5 dias de cada vez que lá vai. Sendo que cada dia que esta se deslocar à estação de Arronches terá de efectuar 10 carregamentos de lama digerida para a ETAR de Elvas

Deste modo ir-se-á transportar cerca de 1.384 m<sup>3</sup> de lama digerida por ano para a estação de Elvas. Os restantes 332 m<sup>3</sup> de lama digerida produzida nesta estação serão enviadas para os leitos de secagem, obtendo um volume final de lama desidratada de 66 m<sup>3</sup>.

**Tabela 6-112 - Características do digestor Imhoff da estação de Arronches**

<b>Características do digestor Imhoff</b>	
<b>Volume útil</b>	350 m <sup>3</sup>
<b>Caudal de lama espessada</b>	4,7 m <sup>3</sup> /dia
<b>Número de dias em que acumula lama espessada</b>	70 dias
<b>Volume de lama acumulada em 70 dias</b>	330 m <sup>3</sup>
<b>Carga de lamas ao fim de 70 dias</b>	26.320 kg
<b>Concentração da lama espessada</b>	8 %

**Tabela 6-113 - Características do transporte das lamas digeridas da estação de Arronches para a estação de Elvas**

<b>Características do transporte das lamas digeridas na ETAR de Arronches</b>	
<b>Número de dias que o camião limpa-fossas se desloca à estação</b>	20 dias/ano
<b>Número de carregamentos efectuados pelo camião limpa-fossas em cada deslocação</b>	10 carregamentos
<b>Número de meses que o camião limpa-fossas se tem de deslocar à estação</b>	Aproximadamente 10 meses/ano
<b>Quantidade de lama digerida transportada</b>	1.384 m <sup>3</sup> /ano

**Tabela 6-114 - Características dos leitos de secagem da estação de Arronches**

<b>Características dos leitos de secagem na ETAR de Arronches</b>	
<b>Número de leitos de secagem</b>	8
<b>Volume unitário dos leitos</b>	9 m <sup>3</sup>
<b>Volume total dos leitos</b>	71 m <sup>3</sup>
<b>Volume de lama enviada para os leitos</b>	332 m <sup>3</sup> /ano

**Tabela 6-115 - Características do processo de desidratação por leitos de secagem na estação de Arronches**

<b>Características da desidratação de lamas pelos leitos de secagem na ETAR de Arronches</b>	
<b>Número de dias que as lamas ficam nos leitos</b>	28 dias
<b>Número vezes que lamas são purgadas para os leitos</b>	13 vezes/ano
<b>Quantidade de lama desidratada pelos leitos de secagem</b>	66 m <sup>3</sup> /ano
<b>Concentração da lama desidratada</b>	40 %

Após o transporte das lamas espessadas para a estação de Elvas, estas serão introduzidas no digestor anaeróbio a frio, através do poço de bombagem de lamas primárias, seguindo o processo de tratamento juntamente com a lama produzida em Elvas. Por isso, no que diz respeito à estação de Elvas, e tendo em conta o balanço de massas efectuado, esta e irá desidratar três vezes por semana durante 7 horas, obtendo uma quantidade de lama anual desidratada igual a 981 m<sup>3</sup>.

**Tabela 6-116 - Características do digestor anaeróbio a frio da estação de Elvas**

<b>Características do digestor</b>	
<b>Volume útil</b>	1.083 m <sup>3</sup>
<b>Caudal de lama digerida</b>	18,4 m <sup>3</sup> /dia
<b>Número de dias em que acumula lama espessada</b>	7 dias
<b>Volume de lama acumulada em 7 dias</b>	129 m <sup>3</sup>
<b>Carga de lamas ao fim de 7 dias</b>	3.872 kg
<b>Concentração da lama espessada</b>	1 %

**Tabela 6-117- Características do processo de desidratação por centrífuga na estação de Elvas**

<b>Características da desidratação de lamas na ETAR de Elvas</b>	
<b>Número de dias que desidrata por mês</b>	12 dias
<b>Número de horas que desidrata por mês</b>	72 horas
<b>Número de meses que as lamas vão para desidratação</b>	12 meses/ano
<b>Quantidade de lama desidratada pela centrífuga</b>	980 m <sup>3</sup> /ano
<b>Concentração da lama desidratada</b>	18 %
<b>Quantidade de polielectrólito gasta</b>	1.486 kg/ano
<b>Quantidade de Cal viva gasta</b>	92.927 kg/ano

Nas tabelas seguintes são apresentados os custos anuais referentes ao tratamento das 4 estações na ETAR de Elvas e dos custos referentes ao destino final das lamas dos leitos de secagem das outras ETAR:

**Tabela 6-118 - Quantidade de lama desidratada na estação de Vila Boim e o custo associado ao processo**

<b>ETAR de Vila Boim</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada nos leitos</b>	25 ton/ano
<b>Custo a destino final</b>	1.754 €/ano

**Tabela 6-119 - Quantidade de lama desidratada na estação da Terrugem e o custo associado ao processo**

<b>ETAR da Terrugem</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada nos leitos</b>	28 ton/ano
<b>Custo a destino final</b>	2.028 €/ano

**Tabela 6-120 - Quantidade de lama desidratada na estação de Arronches e o custo associado ao processo**

<b>ETAR de Arronches</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada nos leitos</b>	68 ton/ano
<b>Custo a destino final</b>	4.787 €/ano

**Tabela 6-121 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas e os custos associados ao processo e transporte de lamas**

<b>ETAR de Elvas</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	1.010 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	14.785 €/ano
<b>Custo a destino final</b>	35.362 €/ano
<b>Custo de transporte de lamas de outras ETAR para a ETAR de Elvas</b>	12.703 €/ano
<b>Custo total</b>	71.420 €/ano

### **6.7.1.1 Cenário XI - Elvas a funcionar como unidade centralizadora de lamas tendo em conta a quantidade de lama enviada para leitos de secagem nas outras ETAR e com envio de lamas para estufa de secagem e encaminhadas a destino final**

Neste cenário é considerado que toda a lama produzida nas estações de Vila Boim, Terrugem e Arronches, excepto aquela que for enviada para os leitos de secagem das respectivas ETAR, é encaminhada para a ETAR de Elvas onde será introduzida no digestor anaeróbio, de modo a sofrer o restante tratamento de fase sólida nesta estação, sendo que no fim de ser desidratada na centrífuga a lama será encaminhada para uma estufa de secagem de lamas a ser implementada na estação de Elvas.

Este cenário em termos de quadros de valores de espessamento, digestão, desidratação e transporte de lamas é idêntico ao anterior. No entanto neste cenário é também considerado o envio das lamas após o processo de desidratação por centrífuga para a estufa de secagem de lamas. Após as lamas serem desidratadas pela centrífuga na ETAR de Elvas, estas serão encaminhadas para a estufa de secagem.

**Tabela 6-122 - Características da desidratação de lamas na estufa de secagem instalada na ETAR de Elvas**

<b>Características da desidratação de lamas na estufa de secagem instalada na ETAR de Elvas</b>	
<b>Quantidade de lama enviada para a estufa</b>	980 m <sup>3</sup> /ano
<b>Quantidade de lama desidratada pela estufa de secagem</b>	271 m <sup>3</sup> /ano
<b>Concentração da lama desidratada</b>	65 %

Nas tabelas seguintes são apresentados os custos anuais referentes ao tratamento das 4 estações na ETAR de Elvas e dos custos referentes ao destino final das lamas dos leitos de secagem das outras ETAR:

**Tabela 6-123- Quantidade de lama desidratada na estação de Vila Boim e o custo associado ao processo**

<b>ETAR de Vila Boim</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada nos leitos</b>	25 ton/ano
<b>Custo a destino final</b>	1.754 €/ano



**Tabela 6-124 - Quantidade de lama desidratada na estação da Terrugem e o custo associado ao processo**

<b>ETAR da Terrugem</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada nos leitos</b>	28 ton/ano
<b>Custo a destino final</b>	2.028 €/ano

**Tabela 6-125 - Quantidade de lama desidratada na estação de Arronches e o custo associado ao processo**

<b>ETAR de Arronches</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada nos leitos</b>	68 ton/ano
<b>Custo a destino final</b>	4.787 €/ano

**Tabela 6-126 - Quantidade de lama desidratada na estação de Elvas e os custos associados ao processo e transporte de lamas**

<b>Custo anual com as 4 estações a sofrerem o tratamento na ETAR de Elvas e a serem encaminhadas para a estufa de secagem</b>	
<b>Quantidade de lama desidratada anual</b>	1.010 ton/ano
<b>Quantidade de lama final</b>	401 ton/ano
<b>Custo de desidratação</b>	14.785 €/ano
<b>Custo a destino final</b>	22.660 €/ano
<b>Custo de transporte de lamas de outras ETAR para a ETAR de Elvas</b>	12.704 €/ano
<b>Custo total</b>	50.048 €/ano

## **6.8 Discussão dos Resultados Obtidos**

Através da análise ao processo de tratamento da fase sólida em Elvas foi possível observar que neste momento não está a verificar-se a produção de lamas residuais que se esperava pelo dimensionamento da estação, encontrando-se por isso o sistema neste momento sobredimensionado.

Como tal foram colocadas vários cenários de modo a otimizar o tratamento da fase sólida desta estação bem como de mais três estações do concelho de Elvas. Em seguida será apresentada uma tabela, Tabela 6-127, na qual são apresentados, para cada cenário, os valores de lamas produzidas, assim como os valores dos custos associados para o tratamento e encaminhamento de lamas, associados a cada uma das ETAR pertencentes ao concelho de Elvas.

No Tabela 6-128 estão apresentadas os vários cenários colocados bem como o cenário actual de tratamento da fase sólida para as quatro estações, especificando qual a produção final de lamas em cada uma das hipóteses, o custo anual do tratamento e o custo que se terá com o tratamento da fase sólidas nas quatro estações no ano horizonte projecto, é de se salientar que o custo no horizonte projecto tem em conta, para os casos onde se coloca a hipótese de implementação da estufa na estação de Elvas, o custo do investimento que tem de ser feito que é de 500.000€.

Tabela 6-127 – Quantidades de lamas produzidas e custos associados ao tratamento e encaminhamento de lamas nas 4 ETAR do Concelho de Elvas

		Elvas	Vila Boim	Terrugem	Arronches
<b>Elvas com centrífuga e encaminhada a destino final</b>	Sem Estufa	-Produção de 449,1 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 22.866€/ano, sendo 7.145€ associados à desidratação e 15.720€ associados ao encaminhamento a destino final;	-	-	-
	Com Estufa	Produção de 10,4 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 13.364 €/ano, sendo 7.146€ associados à desidratação e 6.218€ associados ao encaminhamento a destino final;	-	-	-
<b>Elvas com centrífuga e as outras ETAR através de leitos de secagem e encaminhadas a destino final</b>	Sem estufa	-Produção de 449,1 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 22.866€/ano, sendo 7.145€ associados à desidratação e 15.720€ associados ao encaminhamento a destino final;	-Produção de 25,1 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 1.754€/ano associado ao encaminhamento a destino final;	-Produção de 220 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 11.720€/ano associado ao encaminhamento a destino final;	-Produção de 353 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 18.832€/ano associado ao encaminhamento a destino final;

(continua)

**Tabela 6-127 – Quantidades de lamas produzidas e custos associados ao tratamento e encaminhamento de lamas nas 4 ETAR do Concelho de Elvas (continuação)**

		<b>Elvas</b>	<b>Vila Boim</b>	<b>Terrugem</b>	<b>Arronches</b>
<b>Elvas com centrífuga e as outras ETAR através UDL e leitos de secagem e encaminhadas a destino final</b>	Sem Estufa	-Produção de 449,1 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 22.866€/ano, sendo 7.145€ associados à desidratação e 15.720€ associados ao encaminhamento a destino final;	-Produção de 25,1 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 1.754€/ano associado ao encaminhamento a destino final, pois tem capacidade de desidratar todas as lamas através de leitos de secagem;	-Produção de 582,3 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 31.819€/ano, sendo 10.910€ associados à desidratação e 20.910€ associados ao encaminhamento a destino final;	-Produção de 733,5 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 37.470€/ano, sendo 10.547€ associados à desidratação e 26.922€ associados ao encaminhamento a destino final;
	Com Estufa	Produção de 405 ton/ano de lama desidratada (após secagem na estufa das lamas das 4 ETAR); - Custo de 28.757 €/ano, sendo 7.146€ associados à desidratação e 21.611€ associados ao encaminhamento a destino final;	-Produção de 25,1 ton/ano de lama desidratada (tudo através de leitos); - Custo de 1.754€/ano associado ao encaminhamento a destino final, pois tem capacidade de desidratar todas as lamas através de leitos de secagem;	-Produção de 582,3 ton/ano de lama desidratada (29 ton nos leitos e 553 ton através da fase móvel); - Custo de 16.781€/ano, sendo 10.910€ associados à desidratação, 4.327€ associados ao transporte até à estufa e 1.544€ associados ao encaminhamento a destino final;	-Produção de 733,5 ton/ano de lama desidratada (68 ton nos leitos e 665 ton através da fase móvel); - Custo de 18.636€/ano, sendo 10.547€ associados à desidratação, 4.445€ associados ao transporte até à estufa e 3.644€ associados ao encaminhamento a destino final;
<b>Elvas com centrífuga e as outras ETAR através de UDL e encaminhadas a destino final</b>	Sem Estufa	-Produção de 449,1 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 22.866€/ano, sendo 7.145€ associados à desidratação e 15.720€ associados ao encaminhamento a destino final;	-Produção de 30 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 4.979€/ano, sendo 3.928€ associados à desidratação e 1.051€ associados ao encaminhamento a destino final;	-Produção de 638,6 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 34.943 €/ano, sendo 12.592 € associados à desidratação e 22.351€ associados ao encaminhamento a destino final;	-Produção de 831,4 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 41.893€/ano, sendo 12.795€ associados à desidratação e 29.098€ associados ao encaminhamento a destino final;

(continua)

**Tabela 6-127 – Quantidades de lamas produzidas e custos associados ao tratamento e encaminhamento de lamas nas 4 ETAR do Concelho de Elvas (continuação)**

		<b>Elvas</b>	<b>Vila Boim</b>	<b>Terrugem</b>	<b>Arronches</b>
<b>Elvas com centrífuga e as outras ETAR através de UDL e encaminhadas a destino final</b>	Com Estufa	Produção de 471 ton/ano de lama desidratada (após secagem na estufa das lamas das 4 ETAR); - Custo de 32.220 €/ano, sendo 7.146€ associados à desidratação e 25.074€ associados ao encaminhamento a destino final;	-Produção de 30 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 5.262€/ano, sendo 3.928€ associados à desidratação e 1.334€ associados ao transporte até à estufa;	-Produção de 638,6 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 19.586 €/ano, sendo 12.592 € associados à desidratação e 6.994€ associados ao transporte até à estufa;	-Produção de 831,4 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 18.339€/ano, sendo 12.795€ associados à desidratação e 5.544€ associados ao transporte até à estufa;
	Sem Estufa	Produção de 1.182 ton/ano de lama desidratada (após tratamento conjunto das lamas das 4 ETAR); - Custo de 58.494 €/ano, sendo 17.123 € associados à desidratação e 41.371€ associados ao encaminhamento a destino final;	-Produção de 482 m3/ano de lama espessada; - Custo de 1.334€/ano, associados ao transporte até à ETAR de Elvas;	-Produção de 1.423 m3/ano de lama espessada; - Custo de 5.286€/ano, associados ao transporte até à ETAR de Elvas;	-Produção de 1.715 m3/ano de lama digerida; - Custo de 10.448 €/ano, associados ao transporte até à ETAR de Elvas;
	Com Estufa	Produção de 327 ton/ano de lama desidratada (após tratamento conjunto das lamas das 4 ETAR); - Custo de 34.567 €/ano, sendo 17.123 € associados à desidratação e 17.444 € associados ao encaminhamento a destino final;	-Produção de 482 m3/ano de lama espessada; - Custo de 1.334€/ano, associados ao transporte até à ETAR de Elvas;	-Produção de 1.423 m3/ano de lama espessada; - Custo de 5.286€/ano, associados ao transporte até à ETAR de Elvas;	-Produção de 1.715 m3/ano de lama digerida; - Custo de 10.448 €/ano, associados ao transporte até à ETAR de Elvas;

(continua)

**Tabela 6-127 – Quantidades de lamas produzidas e custos associados ao tratamento e encaminhamento de lamas nas 4 ETAR do Concelho de Elvas (continuação)**

		<b>Elvas</b>	<b>Vila Boim</b>	<b>Terrugem</b>	<b>Arronches</b>
<b>Elvas como unidade centralizadora de lamas, excepto a que foi enviada para os leitos, e encaminhada a destino final</b>	Sem Estufa	-Produção de 1.010 ton/ano ton/ano de lama desidratada (após tratamento conjunto das lamas das 4 ETAR); - Custo de 50.147 €/ano, sendo 14.785 € associados à desidratação e 35.362 € associados ao encaminhamento a destino final;	-Produção de 25,1 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 1.754€/ano associado ao encaminhamento a destino final, pois tem capacidade de desidratar todas as lamas através de leitos de secagem;	-Produção de 1.236 m <sup>3</sup> /ano de lama espessada e de 28 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 5.262€/ano, sendo 2.028€ associados ao encaminhamento a destino final e 4.555€ associados ao transporte até à ETAR de Elvas;	-Produção de 1.384 m <sup>3</sup> /ano de lama espessada e de 68 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 5.262€/ano, sendo 4.787€ associados ao encaminhamento a destino final e 8.150€ associados ao transporte até à ETAR de Elvas;
	Com Estufa	Produção de 401 ton/ano ton/ano de lama desidratada (após tratamento conjunto das lamas das 4 ETAR); - Custo de 37.445 €/ano, sendo 14.785 € associados à desidratação e 22.660 € associados ao encaminhamento a destino final;	-Produção de 25,1 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 1.754€/ano associado ao encaminhamento a destino final, pois tem capacidade de desidratar todas as lamas através de leitos de secagem;	-Produção de 1.236 m <sup>3</sup> /ano de lama espessada e de 28 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 5.262€/ano, sendo 2.028€ associados ao encaminhamento a destino final e 4.555€ associados ao transporte até à ETAR de Elvas;	-Produção de 1.384 m <sup>3</sup> /ano de lama espessada e de 68 ton/ano de lama desidratada; - Custo de 5.262€/ano, sendo 4.787€ associados ao encaminhamento a destino final e 8.150€ associados ao transporte até à ETAR de Elvas;

**Tabela 6-128 - Tabela resumo para as hipóteses de tratamento da fase sólida das 4 estações com as suas produções anuais de lamas, custos anuais e custos para o horizonte projecto**

		<b>Quantidade de lama produzida (ton/ano)</b>	<b>Custos totais anuais (€/ano)</b>	<b>Custos totais ao fim de 30 anos (€)</b>
<b>Elvas com centrífuga e encaminhada a destino final</b>	Sem Estufa	449	22.866	685.980
	Com Estufa	10	13.364	900.920
<b>Elvas com centrífuga e as outras ETAR através de leitos de secagem e encaminhadas a destino final</b>	Sem estufa	800,5	49.780	1.493.400
<b>Elvas com centrífuga e as outras ETAR através UDL e leitos de secagem e encaminhadas a destino final</b>	Sem Estufa	1.790	95.535	2.866.050
	Com Estufa	580	66.211	2.486.330
<b>Elvas com centrífuga e as outras ETAR através de UDL e encaminhadas a destino final</b>	Sem Estufa	1.949	104.680	3.140.400
	Com Estufa	471	81.260	2.937.800
<b>Elvas como unidade centralizadora de todas as lamas e encaminhada a destino final</b>	Sem Estufa	1.148	75.562	2.266.860
	Com Estufa	327	50.558	2.016.740
<b>Elvas como unidade centralizadora de lamas, excepto a que foi enviada para os leitos, e encaminhada a destino final</b>	Sem Estufa	1.010	71.420	2.142.600
	Com Estufa	401	50.048	2.001.440

Através da análise ao quadro anterior é possível observar que o sistema actual para o tratamento da fase sólida e seu encaminhamento a destino final, cenário III, seria o cenário no qual haveria menos gastos anuais no transporte a destino final das lamas produzidas. No entanto este cenário não se pode ter em conta dado as estações de Arronches e Terrugem não terem capacidade de desidratar todas as lamas produzidas através de leitos de secagem.

Por este motivo tornou-se necessário estudar qual o cenário mais económicos para o encaminhamento das lamas produzidas nestas 4 estações a destino final.

Após a análise do quadro anterior e também possível observar que não é rentável a utilização de uma unidade móvel de desidratação, pois são os cenários que vão trazer mais custos no horizonte projecto. Deixando por isso de fazer sentido colocar os cenários VI, V, VI e VII como hipóteses viáveis.

Caso não se pretenda a colocação da estufa o cenário que apresenta os melhores resultados a nível dos custos, é o cenário X. Ao passar a transportar as lamas espessadas na Terrugem e as digeridas em Arronches que não chegaram a ser enviadas para os leitos de secagem vai provocar um aumento nos custos de cerca de 650.000€ ao fim de 30 anos, tendo em conta o cenário III, caso fosse possível tratar tudo através de leitos de secagem. No que diz respeito à quantidade de lamas produzida por estas estações também vai ocorrer um aumento significativo passando a produção de lamas anual a ser de 1.010 toneladas em vez das 800 toneladas que seriam de esperar em horizonte projecto.

Caso se pretenda realmente efectuar o investimento na implementação de uma estufa de secagem de lamas na estação de Elvas, a hipótese mais viável é o cenário XI, sendo que o cenário IX também não pode ser posta de parte pois em termos de custos é ligeiramente superior ao cenário XI, no entanto a quantidade de lama produzida é bem mais baixa.

No que diz respeito ao cenário IX, todas as lamas produzidas nas estações de Vila Boim, Terrugem e Arronches passariam a ser transportadas para a estação de Elvas onde sofreriam o



tratamento da fase sólida juntamente com as lamas produzidas em Elvas sendo depois encaminhadas para a estufa de secagem e enviadas para destino final. Este cenário levaria a um aumento de custos de cerca de 525.000€ ao fim dos 30 anos, aproximadamente o custo de investimento da estufa. Relativamente à quantidade de lamas produzida, este é o cenário onde essa quantidade seria a mais reduzida, passando a produção de lamas anuais a ser de 327 toneladas em vez das 800 toneladas que seriam de esperar em horizonte projecto.

Ainda relativamente a este cenário, a estufa teria de tratar cerca de 3,2 toneladas por dia, valor que se encontra bastante abaixo da capacidade que a estufa que se pretende instalar na estação de Elvas tem, que é de 19 toneladas por dia. Este facto demonstra que ainda se poderá colocar a hipótese de a estação de Elvas receber lamas provenientes de mais ETAR, pois também em termos de capacidade de desidratação pela centrífuga, bem como de digestão anaeróbia, esta ainda se encontra abaixo da sua capacidade máxima.

No que diz respeito ao cenário XI, todas as lamas produzidas nas estações de Vila Boim, Terrugem e Arronches passariam a ser transportadas para a estação de Elvas, com excepção daquelas que seriam enviadas para os leitos de secagem, onde sofreriam o tratamento da fase sólida juntamente com as lamas produzidas em Elvas sendo depois encaminhadas para a estufa de secagem e enviadas para destino final. Esta hipótese levaria a um aumento nos custos de cerca de 510.000€ ao fim dos 30 anos, aproximadamente o investimento na estufa de secagem. No que diz respeito à quantidade de lamas produzida por estas estações também vai ocorrer uma redução significativa passando a produção de lamas anual a ser de 401 toneladas em vez das 800 toneladas que seriam de esperar em horizonte projecto.

Ainda relativamente a este cenário, a estufa teria de tratar cerca de 2,7 toneladas por dia, valor que se encontra bastante abaixo da capacidade que a estufa, que se pretende instalar na estação de Elvas, tem que é de 19 toneladas por dia. Este facto demonstra que ainda se poderá colocar a hipótese de a estação de Elvas receber lamas provenientes de mais ETAR, pois também em termos de capacidade de desidratação pela centrífuga, bem como de digestão anaeróbia, esta ainda se encontra abaixo da sua capacidade máxima.

Em termos gerais podemos concluir que a implementação da estufa de secagem na estação de Elvas vai levar a um aumento em termos de financeiros, pois é necessário efectuar o

investimento na estufa de secagem, no entanto vai permitir, em termos de produção de lamas residuais obter um decréscimo significativo de lamas, que como foi dito anteriormente, é um dos maiores problemas das entidades responsáveis por estas estações, dado a dificuldade de lhes dar um destino final.

No que diz respeito à estufa que se pretende instalar, esta tem uma capacidade de tratamento de lamas bem mais elevada que a que será necessária para tratar as lamas produzidas nestas estações, podendo por isso colocar-se a questão de se não seria mais eficiente colocar uma estufa de menor capacidade ou se não seria interessante colocar a questão do envio de mais lamas, produzidas noutras estações pertencentes às Águas do Norte Alentejano, para a estação de Elvas de modo a serem também elas inseridas na estufa.

## 7 CONCLUSÕES E PRESPECTIVAS FUTURAS

O grande problema, que hoje em dia, preocupa as populações mundiais prende-se com a degradação ambiental que se tem registado ao longo dos séculos, assim, tornou-se inegável que para a sobrevivência do planeta, a concretização de um desenvolvimento sustentável é a única alternativa. Como tal, tornou-se imprescindível que a protecção ambiental seja tida em conta no planeamento das legislações.

Por esse motivo o tratamento de águas residuais e o consequente tratamento das lamas produzidas através dos tratamentos biológicos, são hoje em dia actividades comuns. O tratamento da fase sólida numa ETAR corresponde a cerca de 50% dos gastos totais de uma estação, sendo que desses cerca de 60% correspondem aos gastos do encaminhamento das lamas a destino final.

Nesta dissertação foram apresentadas as técnicas convencionais para o tratamento da fase sólida nas ETAR, com o intuito de obter lamas com o menor teor em humidade possível, assim como de obter umas lamas estabilizadas, de modo a não produzirem odores desagradáveis, a reduzir os organismos patogénicos e a inibir, reduzir ou eliminar o potencial de putrefacção da matéria orgânica.

De modo a contribuir para a resolução deste problema, em termos da gestão de quatro ETAR pertencentes ao grupo das Águas do Norte Alentejano, foi efectuado um estudo para saber qual seria o efeito sobre a quantidade de lamas produzidas. Em vez de se efectuar o tratamento da fase sólida de cada uma destas estações em separado, tornar-se-ia a estação de Elvas numa unidade centralizadora de lamas, onde se passaria a efectuar todo o tratamento das lamas provenientes das outras três estações.

O estudo comprovou que, no caso da estação de Elvas funcionar como unidade centralizadora, ir-se-á obter um aumento de cerca de 25% no volume final de lamas produzidas anualmente. No que diz respeito aos custos associados, estes não vão sofrer grande alteração. No entanto, o tratamento das lamas por leitos de secagem não vai suportar as quantidades de lamas

futuras, tendo que se encontrar soluções de baixo custo, com reduzidos impactos ambientais e ser aceite maioritariamente pelas populações locais.

Nesta dissertação foi também estudada a viabilidade de implementação de uma estufa de secagem de lamas na ETAR de Elvas, de modo a que seja produzida uma lama com um teor de humidade mais reduzido, para que o seu custo de encaminhamento a destino final seja mais reduzido, assim como tornar as lamas num composto sob a forma de grânulos – peletes – com as dimensões, aproximadamente, dos fertilizantes comerciais.

Mais uma vez, o estudo efectuado mostrou que através da aplicação da estufa de secagem se obtém uma redução no volume anual de lamas produzidas pelas quatro estações, obtendo-se uma redução de cerca de 50%, o que em termos ambientais se torna uma opção muito mais viável. No entanto, em termos económicos será atingida um pequeno aumento nos custos, sem ter em conta os gastos no investimento da estufa.

De futuro seria interessante estudar a viabilidade de instalação de uma estufa, cuja fonte energética fosse renovável, quer através do aproveitamento da energia solar através de painéis fotovoltaicos quer através do reaproveitamento dos gases formados ao longo da secagem das lamas.

Seria também importante efectuar um estudo para optimizar a eficiência do tratamento das águas residuais e das suas lamas, de modo a remover os constituintes nefastos para o ambiente, a fim de que estas possam ser utilizadas na agricultura. Estas lamas devidamente estabilizadas e secas permitirão tirar partido do seu potencial fertilizante e correctivo, principalmente tendo em conta que os solos portugueses são muito pobres, e, evitando-se assim que estas sejam enviadas para a incineração, como é o caso das produzidas nas quatro estações. Processo esse que não está de acordo com a teoria de desenvolvimento sustentável, pois não existe recuperação de energia e contribui para a poluição atmosférica dando origem a um subproduto, as cinzas, às quais se tem de dar um destino final adequado.





## 8 BIBLIOGRAFIA

1. AdNA – Águas do Norte Alentejano, S.A. (2005). Memória Descritiva e Justificativa do Projecto, Projecto de Execução do Sub-Sistema de Saneamento de Elvas.
2. AdNA – Águas do Norte Alentejano, S.A. (2002). Memória Descritiva e Justificativa do Projecto, Projecto de Execução do Sub-Sistema de Saneamento de Vila Boim
3. AdNA – Águas do Norte Alentejano, S.A. (2006). Memória Descritiva e Justificativa do Projecto, Projecto de Execução do Sub-Sistema de Saneamento da Terrugem.
4. AdNA – Águas do Norte Alentejano, S.A. (2003). Memória Descritiva e Justificativa do Projecto, Projecto de Execução do Sub-Sistema de Saneamento de Arronches.
5. ALBERTSON, O. E. (1991). Dewatering Municipal Wastewater Sludges – Pollution Technology Review n.º202.
6. AMARAL, L. M. M., (2008). Apontamentos de Técnicas de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Caparica.
7. AZEVEDO, R. T. (2008). Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Urbanas. Naturalink.
8. BANCESSI, A.M. (2009) *Valorização agronómica/energética de lamas de ETAR* – Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, 4 – 12.
9. BARATA, A. A. (2006). Poupar Água Prevenir o Futuro – Guia do Professor. [http://www.quercus.pt/xFiles/scContentDeployer\\_pt/docs/articleFile29.pdf](http://www.quercus.pt/xFiles/scContentDeployer_pt/docs/articleFile29.pdf)
10. BRESTER, A. R., COULOMB, I., DEAK, B., MATTER, B., SAABYE, A., SPINOSA, L., UTVIK, A., (1997) Sludge Treatment and Disposal – Management Approaches and Experiences. Environmental Issues Series n.º7
11. BUTTZ, J. A. e DAIGGER, G. T. (1998). Upgrading Wastewater Treatment Plants – Volume 2 (2 ed.)
12. CAMPOS, J. R. & DAMASCENO, S.. Caracterização de Lodo de Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários para Uso Agrícola.
13. CONFRAGI. Água – Antecedentes. <http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Agua/TextoSintese/Antecedentes/>
14. DRINAN, J. E. (2001). Water and Wastewater Treatment – A Guide for the Nonengineering Professional.
15. DAIGGER, G. T., GRANDY, C. P. L. e LIM, H. C. (1999). Biological Wastewater Treatment (2 ed.)
16. EUROPEAN COMMISSION (2001), Disposal and Recycling Routes for Sewage Sludge, Part 3 – Scientific and Technical Report
17. FERREIRA, R. A. R. e NISHUYAMA, L., (2003) Principais Equipamentos e Processos Utilizados no Condicionamento e Tratamento do Lodo de Esgoto. Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Geografia.
18. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO Corporate Document Repository. não tem data???
19. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, Ministério da Saúde – Manual de saneamento.
20. GIROVICH, M. J. (1996). Biosolids treatment and management – Processes for Beneficial Use.
21. HANS HUBER AG. Secagem Solar e Regenerativa KULT® SRT. [http://www.amprotec-online.com/images/Brochura\\_KULT\\_SRT.pdf](http://www.amprotec-online.com/images/Brochura_KULT_SRT.pdf)

22. Ideias Ambientais,  
<http://www.ideiasambientais.com.pt/index.php?pg=10&doc=2#bookmark7>
23. LEVY, J. Q.. III-Novas Tecnologias para o Tratamento de Águas Residuais.  
[http://www.ecoservicos.pt/content/documents/069\\_ArtigoCient.pdf?jsessionid=6704D7D536DI06C9707199AB05A3DA12](http://www.ecoservicos.pt/content/documents/069_ArtigoCient.pdf?jsessionid=6704D7D536DI06C9707199AB05A3DA12)
24. MALTA T.S (2001).- **Aplicação de lodos de estações de tratamento de esgotos na agricultura: Estudo do caso do município de Rio de Ostras – RJ**, Rio de Janeiro, Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública. Dissertação de mestrado.
25. MANUAL DE SANEAMENTO - Orientações Técnicas.  
[http://www.enge.com.br/manual\\_saneamento\\_ambiental.pdf](http://www.enge.com.br/manual_saneamento_ambiental.pdf)
26. MATHAI, P. K. e TUROVSKII, I. S.. Wastewater Sludge Processing.
27. MATOS, J. S. (2003) Aspectos Históricos a Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano. Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura do Instituto Superior Técnico, Lisboa, 13-21
28. METCALF, & EDDY. (2003). Wastewater Engineering - Treatment and Reuse (4 ed.).
29. OUTWATER, A. B. (1994). Reuse of Sludge and Minor Wastewater Residuals.
30. PEREIRA, M. F. M. (2008). Contributo para Avaliar a Possibilidade de Reutilização das Areias Removidas nas ETAR – Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária.
31. PERES, J. A., SECO, T. C., DUARTE, A. A. L. e BENTES, I. (2008). Avaliação do Desempenho de Sistemas de Leitos de Macrófitas no Tratamento de Águas Residuais Domésticas. Universidade do Alto Douro e Trás-os-Montes Minho, Dep. Química e Dep. De Engenharias, Vila Real.
32. PIRES, A. F. F. E. (2009). Contribuição para o Estudo de Avaliação do Desempenho de um Sistema de Estabilização Anaeróbia e Utilizaçãodo Gás Produzido - Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária.
33. PITA, F. A. G. (2002) Tratamento de águas residuais domésticas Vol. II. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
34. QASIM, S. R.. (1999).Wastewater Treatment Plants – Planning, Design and Operation (2 ed.)
35. Relatórios de exploração da ETAR de Elvas
36. Registos de operação da ETAR de Elvas
37. SOUSA, R. J. V., (2005) Estratégias de Gestão de Lamas das Estações de Tratamento de Águas Residuais. Extorsão de Lamas papa Aplicação na Agricultura – Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Porto
38. SOUSA, E. R., (2001) Sistemas de Drenagem de Águas Residuais e Pluviais. Saneamento Ambiental I. Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura do Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1e 2
39. SPELLMAN,F. R. (1999). Spellman’s Standard Handbook for Wastewater Operators – Advanced Level, Volume 3
40. SPELLMAN, F. R. (2003). Handbook of Water and Wastewater treatment Plants Operations
41. SPELLMAN, F. R. (1997). Dewatering Biosolids.
42. U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, (2003). Technical Background Document for the Sewage Sludge Exposure and Hazard Screening Assessment. Document nº 822-B-03-001



43. UNITED NATIONS (2003), "Waste-Water Treatment Technologies: a General View"  
– Economic and Social Commission for Western Asia.
44. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Tratamento, Reutilização e  
Eliminação de Lamas.  
[http://www.unep.or.jp/ietc/publications/freshwater/sb\\_summary/10.asp](http://www.unep.or.jp/ietc/publications/freshwater/sb_summary/10.asp)
45. VALENTE da CRUZ, L. P.. Principais Técnicas de Tratamento de Águas Residuais.  
[http://www.ipv.pt/millennium/ect7\\_lpv.html](http://www.ipv.pt/millennium/ect7_lpv.html)
46. VESILIND, P. A. (2003). Wastewater Treatment Plant Desing.
47. WORKING DOCUMENT ON SLUDGE (2000). Brussels, 3<sup>rd</sup> Draft.

Outras bases:

- I. Decreto-Lei n.º 446/91, de 22 de Novembro.
- II. Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho.
- III. Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto
- IV. Decreto-Lei n.º 149/2004, de 22 de Junho.
- V. Decreto-Lei n.º 118/2006, de 21 de Junho
- VI. Directiva n.º 86/278/CE do Conselho, de 12 de Junho
- VII. Directiva n.º 91/271/CEE do Conselho, de 21 de Maio.
- VIII. Directiva Comunitária n.º 86/278/CEE, do Conselho, de 12 de Junho.

## ANEXO I – Parâmetros de afluência

Caudais de afluência

Datas	Caudal médio (m³/dia)	Caudal máximo (m³/dia)	Caudal mínimo (m³/dia)	Caudal de ponta médio (m³/h)	Caudal de ponta máximo (m³/h)	Caudal de ponta mínimo (m³/h)
<b>Abril 2007</b>	2411	3390	1521	208,6	354	134
<b>Mai 2007</b>	3321,1	5180	1822	222,5	378	151
<b>Junho 2007</b>	2687,8	4055	1479	200,1	335	134
<b>Julho 2007</b>	2897,3	3709	2148	179,5	207	149
<b>Agosto 2007</b>	2335,6	2948	1787	174,2	324	124
<b>Setembro 2007</b>	1468,4	2313	483	128	241	59
<b>Outubro 2007</b>	1504,7	2196	1069	120,9	241	73
<b>Novembro 2007</b>	1708,6	2365	1400	128,5	260	85
<b>Dezembro 2007</b>	1591,3	2119	1020	124,5	194	76
<b>Janeiro 2008</b>	1150,9	1803	759	122,2	260	52
<b>Fevereiro 2008</b>	1971,8	3082	1385	183,2	480	106
<b>Março 2008</b>	2030,2	2630	1820	157,1	231	125
<b>Abril 2008</b>	1984,1	2928	1082	194,6	351	125
<b>Mai 2008</b>	2566,8	10061	1852	205,0		
<b>Junho 2008</b>	3603,7	4131	1033	100		
<b>Julho 2008</b>	3953,3			225		
<b>Agosto 2008</b>	1818,4			145,2		
<b>Setembro 2008</b>	2541,5			203,1		
<b>Outubro 2008</b>	2486,8			198,6		
<b>Novembro 2008</b>	1535,2			122,6		
<b>Dezembro 2008</b>	1765,5			141,1		

**Concentrações de CBO5 e CQO de afluência**

<b>Datas</b>	<b>CBO<sub>5</sub> médio (mg/L)</b>	<b>CBO<sub>5</sub> máximo (mg/L)</b>	<b>CBO<sub>5</sub> mínimo (mg/L)</b>	<b>CQO médio (mg/L)</b>	<b>CQO máximo (mg/L)</b>	<b>CQO mínimo (mg/L)</b>
<b>Abril 2007</b>	97,75	240	34	348,5	530	166
<b>Mai 2007</b>	140	228	15	476	730	140
<b>Junho 2007</b>	120,87	208	53	436,37	670	294
<b>Julho 2007</b>	185,66	400	54	598,75	900	320
<b>Agosto 2007</b>	272,5	440	140	546,44	810	270
<b>Setembro 2007</b>	268,75	480	110	501,25	760	250
<b>Outubro 2007</b>	201,42	330	110	450	670	310
<b>Novembro 2007</b>	184	210	150	390	470	250
<b>Dezembro 2007</b>	233,33	240	230	692,5	1400	440
<b>Janeiro 2008</b>	180,8	270	54	386	590	110
<b>Fevereiro 2008</b>	192,5	230	150	407,5	490	330
<b>Março 2008</b>	252,5	420	120	600	990	380
<b>Abril 2008</b>	324,66	630	94	693,33	1300	220
<b>Mai 2008</b>	189	254	124	400,5	524	277
<b>Junho 2008</b>	222	222	222	433	433	433
<b>Julho 2008</b>	314	374	254	495	531	459
<b>Agosto 2008</b>	135	135	135	520	520	520
<b>Setembro 2008</b>	158	181	135	654,5	789	520
<b>Outubro 2008</b>	181	181	181	789	789	789
<b>Novembro 2008</b>	181	181	181	549	789	309
<b>Dezembro 2008</b>	248	248	248	557	557	557

**Concentrações de SST e Azoto Total de afluência**

<b>Datas</b>	<b>SST médio (mg/L)</b>	<b>SST máximo (mg/L)</b>	<b>SST mínimo (mg/L)</b>	<b>Azoto Total médio (mg/L)</b>	<b>Azoto Total máximo (mg/L)</b>	<b>Azoto Total mínimo (mg/L)</b>
<b>Abril 2007</b>	90,1	182	32	53,1	71	30
<b>Maio 2007</b>	164,2	430	41	46	71	23,5
<b>Junho 2007</b>	218,1	443	98	38,6	50	29
<b>Julho 2007</b>	260,4	559	80	49,9	63	37
<b>Agosto 2007</b>	190,9	310	130	53,7	120	6,7
<b>Setembro 2007</b>	178,1	290	85	52,7	63	39
<b>Outubro 2007</b>	240	300	120	42	56	27
<b>Novembro 2007</b>	197,8	280	89	95,4	280	35
<b>Dezembro 2007</b>	220	370	160	68	72	60
<b>Janeiro 2008</b>	119,6	170	54	31,7	71	4,2
<b>Fevereiro 2008</b>	136,3	180	99	161,5	280	76
<b>Março 2008</b>	242,5	470	150	68,7	74	66
<b>Abril 2008</b>	293,3	520	140	50,7	73	29
<b>Maio 2008</b>	76	149	3	47	55	39
<b>Junho 2008</b>	297	297	297	58	58	58
<b>Julho 2008</b>	186	201	171	41	57	25
<b>Agosto 2008</b>	122	122	122	54	54	54
<b>Setembro 2008</b>	127,5	133	122	37,5	54	21
<b>Outubro 2008</b>	133	133	133	21	21	21
<b>Novembro 2008</b>	133	133	133	21	21	21
<b>Dezembro 2008</b>	197	197	197	37	37	37

**Concentração de Fósforo afluyente e relação CQO/CBO<sub>5</sub>**

<b>Datas</b>	<b>Fósforo Total médio (mg/L)</b>	<b>Fósforo Total máximo (mg/L)</b>	<b>Fósforo Total mínimo (mg/L)</b>	<b>CQO/CBO<sub>5</sub> médio</b>
<b>Abril 2007</b>	5,1	5,1	5,1	3,56
<b>Maio 2007</b>	2,3	3,5	1,2	3,4
<b>Junho 2007</b>	5,4	7,7	3,3	3,61
<b>Julho 2007</b>	6,78	9,2	5,3	3,22
<b>Agosto 2007</b>	9,26	20	6,2	2,00
<b>Setembro 2007</b>	7,26	11	4,9	1,86
<b>Outubro 2007</b>	5,24	11	2	2,23
<b>Novembro 2007</b>	10,86	32	3,9	2,12
<b>Dezembro 2007</b>	5,75	9,2	2,3	2,96
<b>Janeiro 2008</b>	5,68	8	1,8	2,13
<b>Fevereiro 2008</b>	42,77	120	5,4	2,11
<b>Março 2008</b>	8,25	9,4	7,2	2,37
<b>Abril 2008</b>	7,3	9,1	4,7	2,13
<b>Maio 2008</b>	4,45	5,9	3	2,11
<b>Junho 2008</b>	2,9	2,9	2,9	1,95
<b>Julho 2008</b>	6,7	7,1	6,3	1,57
<b>Agosto 2008</b>	7,5	7,5	7,5	3,85
<b>Setembro 2008</b>	6,2	7,5	4,9	4,14
<b>Outubro 2008</b>	4,9	4,9	4,9	4,35
<b>Novembro 2008</b>	4,9	4,9	4,9	3,03
<b>Dezembro 2008</b>	3,8	3,8	3,8	2,24

**Cargas de CBO5 e CQO afluentes**

<b>Datas</b>	<b>CBO<sub>5</sub> médio (kg/dia)</b>	<b>CBO<sub>5</sub> máximo (kg/dia)</b>	<b>CBO<sub>5</sub> mínimo (kg/dia)</b>	<b>CQO médio (kg/dia)</b>	<b>CQO máximo (kg/dia)</b>	<b>CQO mínimo (kg/dia)</b>
<b>Abril 2007</b>	235,67	813,6	51,71	840,23	1796,7	252,48
<b>Mai 2007</b>	464,95	1181,04	27,33	1580,84	3781,4	255,08
<b>Junho 2007</b>	324,88	843,44	78,38	1172,88	2716,85	434,82
<b>Julho 2007</b>	537,93	1483,6	115,99	1734,75	3338,1	687,36
<b>Agosto 2007</b>	636,45	1297,12	250,18	1276,28	2387,88	482,49
<b>Setembro 2007</b>	394,64	1110,24	53,13	736,05	1757,88	120,75
<b>Outubro 2007</b>	303,08	724,68	117,59	677,10	1471,32	331,39
<b>Novembro 2007</b>	314,38	496,65	210	666,35	1111,55	350
<b>Dezembro 2007</b>	371,29	508,56	234,6	1101,94	2966,6	448,8
<b>Janeiro 2008</b>	208,08	486,81	40,98	444,24	1063,77	83,49
<b>Fevereiro 2008</b>	379,57	708,86	207,75	803,51	1510,18	457,05
<b>Março 2008</b>	512,61	1104,6	218,4	1218,09	2603,7	691,6
<b>Abril 2008</b>	644,18	1844,64	101,70	1375,66	3806,4	238,04
<b>Mai 2008</b>	485,12	2555,49	229,64	1027,99	5271,96	513,01
<b>Junho 2008</b>	800,01	917,08	229,32	1560,39	1788,72	447,28
<b>Julho 2008</b>	1241,3			1956,87		
<b>Agosto 2008</b>	245,47			945,54		
<b>Setembro 2008</b>	401,56			1663,43		
<b>Outubro 2008</b>	450,11			1962,09		
<b>Novembro 2008</b>	277,86			842,80		
<b>Dezembro 2008</b>	437,83			983,35		

**Cargas de SST e Azoto Total afluentes**

<b>Datas</b>	<b>SST médio (kg/dia)</b>	<b>SST máximo (kg/dia)</b>	<b>SST mínimo (kg/dia)</b>	<b>Azoto Total médio (kg/dia)</b>	<b>Azoto Total máximo (kg/dia)</b>	<b>Azoto Total mínimo (kg/dia)</b>
<b>Abril 2007</b>	217,2914	616,98	48,672	128,08	240,69	45,63
<b>Mai 2007</b>	545,3246	2227,4	74,702	152,77	367,78	42,81
<b>Junho 2007</b>	586,2764	1796,365	144,942	103,74	202,75	42,89
<b>Julho 2007</b>	754,3845	2073,331	171,84	144,45	233,66	79,47
<b>Agosto 2007</b>	445,8426	913,88	232,31	125,44	353,76	11,97
<b>Setembro 2007</b>	261,5647	670,77	41,055	77,459	145,71	18,83
<b>Outubro 2007</b>	361,1226	658,8	128,28	63,196	122,97	28,86
<b>Novembro 2007</b>	337,9611	662,2	124,6	163,00	662,2	49
<b>Dezembro 2007</b>	350,0768	784,03	163,2	108,20	152,56	61,2
<b>Janeiro 2008</b>	137,648	306,51	40,986	36,5	128,01	3,18
<b>Fevereiro 2008</b>	268,8258	554,76	137,115	318,45	862,96	105,26
<b>Março 2008</b>	492,3141	1236,1	273	139,57	194,6	120,12
<b>Abril 2008</b>	582,0116	1522,56	151,48	100,52	213,74	31,37
<b>Mai 2008</b>	195,0748	1499,089	5,556	120,63	553,35	72,22
<b>Junho 2008</b>	1070,296	1226,907	306,801	209,06	239,59	59,91
<b>Julho 2008</b>	735,312			162,08		
<b>Agosto 2008</b>	221,8393			98,19		
<b>Setembro 2008</b>	324,0455			95,30		
<b>Outubro 2008</b>	330,7453			52,22		
<b>Novembro 2008</b>	204,1772			32,23		
<b>Dezembro 2008</b>	347,794			65,32		

**Cargas de Fósforo Total Afluente**

<b>Datas</b>	<b>Fósforo Total médio (kg/dia)</b>	<b>Fósforo Total máximo (kg/dia)</b>	<b>Fósforo Total mínimo (kg/dia)</b>
<b>Abril 2007</b>	12,2961	17,289	7,7571
<b>Mai 2007</b>	7,63853	18,13	2,1864
<b>Junho 2007</b>	14,51412	31,2235	4,8807
<b>Julho 2007</b>	19,65335	34,1228	11,3844
<b>Agosto 2007</b>	21,64335	58,96	11,0794
<b>Setembro 2007</b>	10,6645	25,443	2,3667
<b>Outubro 2007</b>	7,891197	24,156	2,138
<b>Novembro 2007</b>	18,5554	75,68	5,46
<b>Dezembro 2007</b>	9,149734	19,4948	2,346
<b>Janeiro 2008</b>	6,53713	14,424	1,3662
<b>Fevereiro 2008</b>	84,34493	369,84	7,479
<b>Março 2008</b>	16,74883	24,722	13,104
<b>Abril 2008</b>	14,48415	26,6448	5,0854
<b>Mai 2008</b>	11,42215	59,3599	5,556
<b>Junho 2008</b>	10,4507	11,9799	2,9957
<b>Julho 2008</b>	26,48705		
<b>Agosto 2008</b>	13,63766		
<b>Setembro 2008</b>	15,75751		
<b>Outubro 2008</b>	12,18535		
<b>Novembro 2008</b>	7,522317		
<b>Dezembro 2008</b>	6,708716		



## ANEXO II – Características do efluente

Concentrações de CBO5 e CQO no efluente

Datas	CBO <sub>5</sub> médio (mg/L)	CBO <sub>5</sub> máximo (mg/L)	CBO <sub>5</sub> mínimo (mg/L)	CQO médio (mg/L)	CQO máximo (mg/L)	CQO mínimo (mg/L)
<b>Abril 2007</b>	10	10	10	30,125	42	11
<b>Maio 2007</b>	10	10	10	46	98	20
<b>Junho 2007</b>	7,625	10	2	20,75	42	10
<b>Julho 2007</b>	7,625	15	2	29,125	52	8
<b>Agosto 2007</b>	14	24	10	37,55556	85	19
<b>Setembro 2007</b>	10,7	19	7	22,25	28	18
<b>Outubro 2007</b>	10	13	8	20,44444	34	12
<b>Novembro 2007</b>	9,533333	11	8	24,33333	26	22
<b>Dezembro 2007</b>	10	13	8	29,5	48	22
<b>Janeiro 2008</b>	9,38	13	5,6	20,2	24	18
<b>Fevereiro 2008</b>	5,75	6	5	12,5	16	10
<b>Março 2008</b>	4,25	7	2	13	22	10
<b>Abril 2008</b>	5	11	2	13,33333	24	8
<b>Maio 2008</b>	5	7	3	43	43	43
<b>Junho 2008</b>	21	21	21	55	55	55
<b>Julho 2008</b>	6	6	6	49	49	49
<b>Agosto 2008</b>	3	3	3	78	78	78
<b>Setembro 2008</b>	11	19	3	82	86	78
<b>Outubro 2008</b>	19	19	19	86	86	86
<b>Novembro 2008</b>	19	19	19	63	86	40
<b>Dezembro 2008</b>	6	6	6	66	66	66

**Concentrações de SST e Azoto Total no efluente**

<b>Datas</b>	<b>SST médio (mg/L)</b>	<b>SST máximo (mg/L)</b>	<b>SST mínimo (mg/L)</b>	<b>Azoto Total médio (mg/L)</b>	<b>Azoto Total máximo (mg/L)</b>	<b>Azoto Total mínimo (mg/L)</b>
<b>Abril 2007</b>	6	6	6	7,25	13,9	2,7
<b>Mai 2007</b>	6	6	6	10,62222	32	5,5
<b>Junho 2007</b>	6	6	6	3,58	8,3	1
<b>Julho 2007</b>	6	6	6	7,65	11,2	4,4
<b>Agosto 2007</b>	4,911111	12	2	6,2	10	2,1
<b>Setembro 2007</b>	6,6	16	2,2	10,22	11	8,1
<b>Outubro 2007</b>	3,3625	5,2	2	7,36	9,6	2
<b>Novembro 2007</b>	2,45	3,5	2	9,783333	14	2,9
<b>Dezembro 2007</b>	2,625	4,5	2	2,225	2,9	2
<b>Janeiro 2008</b>	2,16	2,6	2	9,566667	15	4,2
<b>Fevereiro 2008</b>	3,95	6,5	2	8,675	11	7,1
<b>Março 2008</b>	2,625	4,5	2	11,2	14	7,8
<b>Abril 2008</b>	2,066667	2,2	2	5,1	7,8	2,2
<b>Mai 2008</b>	3	3	3	6,8	7,8	5,8
<b>Junho 2008</b>	20	20	20	24	24	24
<b>Julho 2008</b>	49	49	49	4,9	4,9	4,9
<b>Agosto 2008</b>	3	3	3	17	17	17
<b>Setembro 2008</b>	3	3	3	9,5	17	2
<b>Outubro 2008</b>	3	3	3	2	2	2
<b>Novembro 2008</b>	3	3	3	2	2	2
<b>Dezembro 2008</b>	3	3	3	9	9	9

**Concentração de Fósforo no efluente**

<b>Datas</b>	<b>Fósforo Total médio (mg/L)</b>	<b>Fósforo Total máximo (mg/L)</b>	<b>Fósforo Total mínimo (mg/L)</b>
<b>Abril 2007</b>	3,05	3,8	2,3
<b>Mai 2007</b>	2,57	2,89	2,25
<b>Junho 2007</b>	2,904	4,8	0,96
<b>Julho 2007</b>	2,94125	5,1	1,69
<b>Agosto 2007</b>	0,858333	1,2	0,25
<b>Setembro 2007</b>	0,605	1,6	0,07
<b>Outubro 2007</b>	0,136667	0,25	0,02
<b>Novembro 2007</b>	0,412	0,93	0,18
<b>Dezembro 2007</b>	0,1325	0,41	0,03
<b>Janeiro 2008</b>	1,95	7,6	0,04
<b>Fevereiro 2008</b>	0,3025	0,55	0,12
<b>Março 2008</b>	1,23	2,1	0,68
<b>Abril 2008</b>	3,166667	5,3	2
<b>Mai 2008</b>	2	2	2
<b>Junho 2008</b>	2,2	2,2	2,2
<b>Julho 2008</b>	2	2	2
<b>Agosto 2008</b>	2	2	2
<b>Setembro 2008</b>	7	12	2
<b>Outubro 2008</b>	12	12	12
<b>Novembro 2008</b>	12	12	12
<b>Dezembro 2008</b>	2	2	2

## ANEXO III – Parâmetros nas operações unitárias

Temperaturas e oxigénio dissolvido no reaktor biológico

Datas	Temp. média (°C)	Temp. máxima (°C)	Temp. mínima (°C)	OD médio (mg O <sub>2</sub> /L)	OD máximo (mg O <sub>2</sub> /L)	OD mínimo (mg O <sub>2</sub> /L)
<b>Abril 2007</b>				3,98	5,02	2,01
<b>Mai 2007</b>	20,1	20,4	19,9	2,55	3,58	1,57
<b>Junho 2007</b>	22,19	22,9	21,3	2,33125	5	0,12
<b>Julho 2007</b>	23,8556	25,3	22,7	1,57889	2,95	1,08
<b>Agosto 2007</b>	24,95	25,8	22,5	1,22773	2,2	0,88
<b>Setembro 2007</b>	23,725	26,9	20,2	3,00737	5,02	0,84
<b>Outubro 2007</b>	21,1	22,3	19,9	3,09864	5,01	1,8
<b>Novembro 2007</b>	16,5895	18,8	14,3	2,77526	4,94	0,94
<b>Dezembro 2007</b>	13,9167	15,4	10,8	2,60722	5,02	0,2
<b>Janeiro 2008</b>	14,4409	15,3	12,2	3,00857	4,73	0,02
<b>Fevereiro 2008</b>	14,775	16	11,3	2,17684	3,76	0,52
<b>Março 2008</b>	16,1474	17,6	13	2,34842	4,12	0,56
<b>Abril 2008</b>	18,05	19,9	16,2	2,66	5,01	0,03
<b>Mai 2008</b>	17,46	20,3	14	1,39	5,02	0,01
<b>Junho 2008</b>				0,67	2,54	0,03
<b>Julho 2008</b>	23,05	25,5	20,6	0,98	5,02	0,05
<b>Agosto 2008</b>	23,6	25,7	21,5	1,83	5,02	0,05
<b>Setembro 2008</b>	24,45	25,3	23,6	1,055	3,77	0,15
<b>Outubro 2008</b>	21,2	23,9	18,5	1,71	5,02	0,2
<b>Novembro 2008</b>	16,6	18,4	12,6	3,5	5,02	0,52
<b>Dezembro 2008</b>	14,5	15,7	13,3	2,855	5,01	0,01

Potencial redox e índice do volume de lamas no reactor biológico

Datas	P. redox médio (mV)	P. redox máximo (mV)	P. redox mínimo (mV)	SVI médio (ml/g)	SVI máximo (ml/g)	SVI mínimo (ml/g)
<b>Abril 2007</b>	136	240	60	84,8106	102,703	70,9677
<b>Maio 2007</b>	111,9	158	53	81,2747	171,429	52,1739
<b>Junho 2007</b>	118	230	-173	73,6	117,647	57,1429
<b>Julho 2007</b>	68	157	-273	66,3723	75	52,6642
<b>Agosto 2007</b>	29,3636	102	-49	56,0236	65,625	44,8276
<b>Setembro 2007</b>	24,09	88	-60	69,2054	81,8182	62,069
<b>Outubro 2007</b>	-0,355	138	-90	53,853	67,6471	39,3939
<b>Novembro 2007</b>	106	215	-51	81,6434	93,3333	58,6207
<b>Dezembro 2007</b>	-36,056	93	-139	114,198	203,704	61,1111
<b>Janeiro 2008</b>	145,182	208	-80	127,975	168,293	83,871
<b>Fevereiro 2008</b>	94,125	118	52	137,021	166,667	90,9091
<b>Março 2008</b>	127,313	192	46	128,524	155,556	111,111
<b>Abril 2008</b>	100,529	211	-55	172,102	219,355	140,541
<b>Maio 2008</b>	51,65	109,2	-71	235,98	257,862	214,099
<b>Junho 2008</b>	-51,9	148,5	-194,4	331,653		
<b>Julho 2008</b>	-11	232,8	-152	164,386		
<b>Agosto 2008</b>	-37,47			160,877		
<b>Setembro 2008</b>	-49,25			105,593	142,456	77,9221
<b>Outubro 2008</b>				72,2543	72,2543	72,2543
<b>Novembro 2008</b>				81,6587		
<b>Dezembro 2008</b>						

**Carga mássica e carga volúmica no reactor biológico**

<b>Datas</b>	<b>F/M média (kg CBO<sub>5</sub> /kg MVS.d)</b>	<b>F/M máxima (kg CBO<sub>5</sub> /kg MVS.d)</b>	<b>F/M mínima (kg CBO<sub>5</sub> /kg MVS.d)</b>	<b>fv média (kg CBO<sub>5</sub>/ m<sup>3</sup>.d)</b>	<b>fv máxima (kg CBO<sub>5</sub>/ m<sup>3</sup>.d)</b>	<b>fv mínima (kg CBO<sub>5</sub>/ m<sup>3</sup>.d)</b>
<b>Abril 2007</b>	0,04816	0,12688	0,01089	0,10256	0,17764	0,03268
<b>Maio 2007</b>	0,08002	0,2774	0,01357	0,1806	0,35971	0,0133
<b>Junho 2007</b>	0,07306	0,11678	0,03468	0,14966	0,24525	0,07629
<b>Julho 2007</b>	0,08319	0,31956	0,0332	0,18005	0,54326	0,05644
<b>Agosto 2007</b>	0,14234	0,20058	0,08163	0,26779	0,44128	0,12174
<b>Setembro 2007</b>	0,08512	0,16415	0,01709	0,18566	0,29547	0,03761
<b>Outubro 2007</b>	0,0595	0,11671	0,02488	0,12486	0,32679	0,10191
<b>Novembro 2007</b>	0,08453	0,15825	0,10219	0,12476	0,16412	0,10219
<b>Dezembro 2007</b>	0,06598	0,11247	0,07611	0,14415	0,22493	0,11416
<b>Janeiro 2008</b>	0,03985	0,05504	0,01014	0,10333	0,13734	0,03752
<b>Fevereiro 2008</b>	0,06474	0,07813	0,04954	0,17752	0,21187	0,14642
<b>Março 2008</b>	0,10613	0,15615	0,05553	0,2404	0,39036	0,11107
<b>Abril 2008</b>	0,11701	0,22853	0,02554	0,27614	0,50277	0,06386
<b>Maio 2008</b>	0,11347	0,12724	0,09971	0,17261	0,25956	0,11175
<b>Junho 2008</b>	0,2198	0,2198	0,2198	0,19672	0,39344	0,11159
<b>Julho 2008</b>	0,1137			0,60406		
<b>Agosto 2008</b>	0,04295			0,11945		
<b>Setembro 2008</b>	0,04771			0,19541		
<b>Outubro 2008</b>	0,06987			0,21903		
<b>Novembro 2008</b>	0,04313			0,13521		
<b>Dezembro 2008</b>						

**Idade de lamas e concentração de MLSS no reactor biológico**

<b>Datas</b>	<b>IL média (d)</b>	<b>IL máxima (d)</b>	<b>IL mínima (d)</b>	<b>MLSS média (mg/l)</b>	<b>MLSS máxima (mg/l)</b>	<b>MLSS mínima (mg/l)</b>
<b>Abril 2007</b>	36,1421	68,0708	15,271	3830,5	4900	2550
<b>Mai 2007</b>	24,8721	37,3691	9,70789	3660	4600	1400
<b>Junho 2007</b>	20,0557	27,231	7,42591	2925	3500	1700
<b>Julho 2007</b>	19,2006	25,48	7,60348	3278,22	4100	2200
<b>Agosto 2007</b>	22,5347	27,7368	15,5366	3037,5	3400	2500
<b>Setembro 2007</b>	34,9132	53,7401	25,3213	2771,43	3200	2200
<b>Outubro 2007</b>	45,7145	69,8162	24,311	3033,33	3400	2500
<b>Novembro 2007</b>	45,6124	59,6992	31,2906	2383,33	3600	1500
<b>Dezembro 2007</b>	44,1287	53,8977	23,715	2825	3600	2300
<b>Janeiro 2008</b>	40,5604	47,5585	33,5623	3960	4700	3100
<b>Fevereiro 2008</b>	39,891	40,2569	39,525	3833,33	4300	3300
<b>Março 2008</b>	30,4126	35,3615	25,4089	3275	3700	2700
<b>Abril 2008</b>	24,2213	25,9987	22,4623	3566,67	3900	3100
<b>Mai 2008</b>	23,6812	22,0591	24,8276	3505	3830	3180
<b>Junho 2008</b>	16,7559	14,2837	19,3624	2480	2480	2480
<b>Julho 2008</b>	35,8934	37,1492	27,4821	5312,5	6450	3520
<b>Agosto 2008</b>	18,7896	19,9569	10,1496	2781	3465	1300
<b>Setembro 2008</b>	27,6731	27,3579	21,4704	4095,83	4750	2750
<b>Outubro 2008</b>	21,1813	19,9281	21,9388	3135	3460	2810
<b>Novembro 2008</b>	21,1813	19,9281	21,9388	3135	3460	2810
<b>Dezembro 2008</b>	36,1421	68,0708	15,271			

### Concentração de MLVSS no reaktor biológico

Datas	MLVSS média (mg/l)	MLVSS máxima (mg/l)	MLVSS mínima (mg/l)
<b>Abril 2007</b>	2521,25	3400	1400
<b>Mai 2007</b>	2638	3300	980
<b>Junho 2007</b>	2075	2500	1300
<b>Julho 2007</b>	2418,67	3000	1700
<b>Agosto 2007</b>	2125	2300	1700
<b>Setembro 2007</b>	2042,86	2500	1600
<b>Outubro 2007</b>	2711,11	3000	2300
<b>Novembro 2007</b>	1733,33	2300	1000
<b>Dezembro 2007</b>	2050	2600	1500
<b>Janeiro 2008</b>	2760	3700	2200
<b>Fevereiro 2008</b>	2600	3000	2200
<b>Março 2008</b>	2225	2500	1900
<b>Abril 2008</b>	2466,67	2700	2200
<b>Mai 2008</b>	2315	2590	2040
<b>Junho 2008</b>	1790	1790	1790
<b>Julho 2008</b>	3681,25	4480	2110
<b>Agosto 2008</b>	2019,8	2600	984
<b>Setembro 2008</b>	2847,5	3300	1990
<b>Outubro 2008</b>	2287,5	2590	1985
<b>Novembro 2008</b>	2287,5	2590	1985
<b>Dezembro 2008</b>			



**Reacções que ocorrem no reactor biológico de acordo com os valores de potencial de oxidação-redução**

<b>Reacção</b>	<b>Potencial de oxidação-redução (mV)</b>
<b>Nitrificação</b>	De +100 até +300
<b>Degradação de CBO5</b>	De +50 até +250
<b>Remoção biológica de fósforo</b>	De +25 até +250
<b>Desnitrificação</b>	De +50 até -50
<b>Formação de ácidos sulfídricos</b>	De -50 até -250
<b>Libertação biológica de fósforo</b>	De -100 até -250
<b>Fermentação</b>	De -100 até -225
<b>Produção de metano</b>	De -175 até -400

## ANEXO IV – Parâmetros no decantador secundário

Carga hidráulica e carga orgânica no decantador secundário

Datas	Ch média (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h)	Ch máxima (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h)	Ch mínima (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h)	Corg média (kg/m <sup>2</sup> .h)	Corg máxima (kg/m <sup>2</sup> .h)	Corg mínima (kg/m <sup>2</sup> .h)
<b>Abril 2007</b>	0,25307	0,32621	0,16678	0,94033	1,23772	0,61707
<b>Mai 2007</b>	0,36102	0,45713	0,21239	1,29188	1,91579	0,63998
<b>Junho 2007</b>	0,29748	0,44112	0,1636	0,87983	1,4998	0,37627
<b>Julho 2007</b>	0,32372	0,40669	0,23553	1,06629	1,38887	0,67327
<b>Agosto 2007</b>	0,2561	0,32325	0,19594	0,79637	0,99724	0,65333
<b>Setembro 2007</b>	0,16101	0,25362	0,05296	0,43679	0,75193	0,16418
<b>Outubro 2007</b>	0,16732	0,24079	0,11721	0,46175	0,64709	0,29304
<b>Novembro 2007</b>	0,18735	0,25932	0,15351	0,4361	0,66935	0,26743
<b>Dezembro 2007</b>	0,17448	0,23235	0,11184	0,49803	0,62447	0,4201
<b>Janeiro 2008</b>	0,1262	0,1977	0,08322	0,55155	0,79303	0,35623
<b>Fevereiro 2008</b>	0,21621	0,33794	0,15186	0,80069	0,90008	0,72586
<b>Março 2008</b>	0,22261	0,28838	0,19956	0,70237	0,78592	0,60217
<b>Abril 2008</b>	0,21756	0,32105	0,11864	0,68136	0,92026	0,55746
<b>Mai 2008</b>	0,29822	1,10318		1,3	1,79741	0,64576
<b>Junho 2008</b>	0,38197	0,45296		0,99037	0,99037	0,99037
<b>Julho 2008</b>	0,43347			2,30283		
<b>Agosto 2008</b>	0,19938			0,55448		
<b>Setembro 2008</b>	0,27868			1,14141		
<b>Outubro 2008</b>	0,27268			0,85484		
<b>Novembro 2008</b>	0,16833			0,52771		
<b>Dezembro 2008</b>	0,19358					

**Tempo de retenção no decantador secundário e concentração de MLSS na recirculação de lamas**

<b>Datas</b>	<b>Trh médio (h)</b>	<b>Trh máximo (h)</b>	<b>Trh mínimo (h)</b>	<b>MLSS média (mg/l)</b>	<b>MLSS máxima (mg/l)</b>	<b>MLSS mínima (mg/l)</b>
<b>Abril 2007</b>	16,5232	23,6686	12,1008	4871,43	8200	2400
<b>Mai 2007</b>	11,554	18,5854	8,63516	6100	7600	4900
<b>Junho 2007</b>	14,7446	24,1287	8,94855	5275	11000	3100
<b>Julho 2007</b>	12,5657	16,7598	9,70612	5953,5	12060	4124
<b>Agosto 2007</b>	15,8027	20,1455	12,2117	4375	5300	3300
<b>Setembro 2007</b>	29,6385	74,5342	15,5642	3662,5	4300	3100
<b>Outubro 2007</b>	24,1649	33,6763	16,3934	4244,44	4800	3500
<b>Novembro 2007</b>	21,367	25,7143	15,222	3483,33	5000	2300
<b>Dezembro 2007</b>	23,3374	35,2941	16,9891	4300	6000	3000
<b>Janeiro 2008</b>	33,0377	47,4308	19,9667	4840	8200	3100
<b>Fevereiro 2008</b>	18,7381	25,9928	11,6807	4700	5300	3600
<b>Março 2008</b>	17,8033	19,7802	13,6882	4125	5200	3300
<b>Abril 2008</b>	19,0937	33,2717	12,2951	5200	6100	4500
<b>Mai 2008</b>	10,1919	19,4384	3,57817	5200	6100	
<b>Junho 2008</b>	10,6707	34,85	8,7146	5200	6100	4500
<b>Julho 2008</b>	9,10634			5200	6100	4500
<b>Agosto 2008</b>	19,7981			5200	6100	4500
<b>Setembro 2008</b>	14,1647			5200	6100	4500
<b>Outubro 2008</b>	14,4764			5200	6100	4500
<b>Novembro 2008</b>	23,4502			5200	6100	4500
<b>Dezembro 2008</b>	20,3914			5200	6100	4500

**Caudal de recirculação de lamas e concentração de MVLSS na recirculação de lamas**

<b>Datas</b>	<b>Q recirc médio (m³/d)</b>	<b>Q recirc máximo (m³/d)</b>	<b>Q recirc mínimo (m³/d)</b>	<b>MLVSS média (mg/l)</b>	<b>MLVSS máxima (mg/l)</b>	<b>MLVSS mínima (mg/l)</b>
<b>Abril 2007</b>				3428,57	5600	1900
<b>Maio 2007</b>	225,507	246,583		4250	5300	2900
<b>Junho 2007</b>	224,349	249,5	169,583	3612,5	7600	2000
<b>Julho 2007</b>	136,875	249,417	89,5417	4307	8696	3008
<b>Agosto 2007</b>	162,906	249,292	0	3012,5	3900	2400
<b>Setembro 2007</b>	89,2083	190,458	99,25	2900	3600	2100
<b>Outubro 2007</b>	69,8925	237,25	23,4583	3866,67	4500	3100
<b>Novembro 2007</b>	99,2764	149,917	46,75	2400	3500	1300
<b>Dezembro 2007</b>	115,313	187,958	57,2083	3325	5000	2600
<b>Janeiro 2008</b>	204,687	241,5	58,9167	3600	7400	2000
<b>Fevereiro 2008</b>	193,391	210	118,917	3200	3700	2400
<b>Março 2008</b>	222,211	242,583	137,75	2850	3800	2100
<b>Abril 2008</b>	232,815	246,875	159,417	3566,67	4300	3100
<b>Maio 2008</b>	209,89	712,708	184,708			
<b>Junho 2008</b>	178,492	246,875				
<b>Julho 2008</b>	178,492	246,875				
<b>Agosto 2008</b>	178,492	246,875				
<b>Setembro 2008</b>	178,492	246,875				
<b>Outubro 2008</b>	178,492	246,875		2700	2700	2700
<b>Novembro 2008</b>	178,492	246,875		2700	2700	2700
<b>Dezembro 2008</b>	178,492	246,875				

### Razão de recirculação

Datas	Razão de recirculação média	Razão de recirculação máxima	Razão de recirculação mínima
<b>Abril 2007</b>			
<b>Mai 2007</b>	1,6296307	1,142471	2,233809
<b>Junho 2007</b>	2,0032648	1,4766954	1,4530088
<b>Julho 2007</b>	1,7007214	1,6139121	1,3151769
<b>Agosto 2007</b>	1,6739683	2,0295115	1,3329603
<b>Setembro 2007</b>	1,4580165	1,9762214	1,1656315
<b>Outubro 2007</b>	1,1148033	2,5928962	1,049579
<b>Novembro 2007</b>	1,3944945	1,5213531	0,9807143
<b>Dezembro 2007</b>	1,7392008	2,1288344	1,3862745
<b>Janeiro 2008</b>	4,2683727	3,2146423	3,7602108
<b>Fevereiro 2008</b>	2,3538464	1,6353018	2,3870036
<b>Março 2008</b>	2,6269167	2,2136882	2,1021978
<b>Abril 2008</b>	2,7313728	2,0235656	4,0970425
<b>Mai 2008</b>	1,9157346	1,7001292	
<b>Junho 2008</b>	0,9466015	1,4342774	
<b>Julho 2008</b>	1,290236		
<b>Agosto 2008</b>	2,0229027		
<b>Setembro 2008</b>	1,6540015		
<b>Outubro 2008</b>	1,8219896		
<b>Novembro 2008</b>	3,3904679		
<b>Dezembro 2008</b>	3,1649495		

## ANEXO V – Parâmetros na digestão

Caudal de lamas em excesso e concentração de SST nas lamas em excesso

Datas	Q Lexc médio (m³/d)	Q Lexc máximo (m³/d)	Q Lexc mínimo (m³/d)	SST média (mg/l)	SST máxima (mg/l)	SST mínima (mg/l)
<b>Abril 2007</b>	87,5	100	50	4057,14	4600	2400
<b>Maio 2007</b>	65	80	50	6100	7600	4900
<b>Junho 2007</b>	82,5	100	70	5275	11000	3100
<b>Julho 2007</b>	87,7778	90	80	5953,5	12060	4124
<b>Agosto 2007</b>	82,2581	90	80	4375	5300	3300
<b>Setembro 2007</b>	65,3333	90	40	3662,5	4300	3100
<b>Outubro 2007</b>	44,5161	70	30	4244,44	4800	3500
<b>Novembro 2007</b>	40	40	40	3483,33	5000	2300
<b>Dezembro 2007</b>	41,2903	50	40	4300	6000	3000
<b>Janeiro 2008</b>	49,5161	50	45	6150	8200	4100
<b>Fevereiro 2008</b>	53,9286	70	50	4700	5300	3600
<b>Março 2008</b>	70,6452	75	70	4125	5200	3300
<b>Abril 2008</b>	75	75	75	5200	6100	4500
<b>Maio 2008</b>	75	75	75	5200	6100	4500
<b>Junho 2008</b>	75	75	75	5200	6100	4500
<b>Julho 2008</b>	75	75	75	5200	6100	4500
<b>Agosto 2008</b>	75	75	75	5200	6100	4500
<b>Setembro 2008</b>	75	75	75	5200	6100	4500
<b>Outubro 2008</b>	75	75	75	5200	6100	4500
<b>Novembro 2008</b>	75	75	75	5200	6100	4500
<b>Dezembro 2008</b>	75	75	75	5200	6100	4500

**Tempo de retenção das lamas no digestor e concentração da lama digerida**

<b>Datas</b>	<b>Trh médio (d)</b>	<b>Trh máximo (d)</b>	<b>Trh mínimo (d)</b>	<b>Lama digerida média (g/l)</b>	<b>Lama digerida máxima (g/l)</b>	<b>Lama digerida mínima (g/l)</b>
<b>Abril 2007</b>	13,33718	21,67292	10,83646	22,6667	31	18
<b>Mai 2007</b>	16,67148	21,67292	13,54558	23,525	58	6,2
<b>Junho 2007</b>	13,1351	15,48066	10,83646	49,6667	162	15
<b>Julho 2007</b>	12,34533	13,54558	12,04051	23,8714	38	6,2
<b>Agosto 2007</b>	13,17374	13,54558	12,04051	33,1429	51	29
<b>Setembro 2007</b>	16,58642	27,09115	12,04051	33,75	44	29
<b>Outubro 2007</b>	24,34277	36,12153	15,48066	29	31	26
<b>Novembro 2007</b>	27,09115	27,09115	27,09115	32	48	19
<b>Dezembro 2007</b>	26,24455	27,09115	21,67292			
<b>Janeiro 2008</b>	21,88471	24,08102	21,67292			
<b>Fevereiro 2008</b>	20,0941	21,67292	15,48066			
<b>Março 2008</b>	15,33928	15,48066	14,44861			
<b>Abril 2008</b>	14,44861	14,44861	14,44861	27	41	13
<b>Mai 2008</b>	14,44861	14,44861	14,44861	27	41	13
<b>Junho 2008</b>	14,44861	14,44861	14,44861	27	41	13
<b>Julho 2008</b>	14,44861	14,44861	14,44861	27	41	13
<b>Agosto 2008</b>	14,44861	14,44861	14,44861	27	41	13
<b>Setembro 2008</b>	14,44861	14,44861	14,44861	27	41	13
<b>Outubro 2008</b>	14,44861	14,44861	14,44861	27	41	13
<b>Novembro 2008</b>	14,44861	14,44861	14,44861	27	41	13
<b>Dezembro 2008</b>	14,44861	14,44861	14,44861	27	41	13

## ANEXO VI - Parâmetros na desidratação

Caudal de lamas para desidratação e concentração das lamas desidratadas

Datas	Q médio (m³/d)	Q máximo (m³/d)	Q mínimo (m³/d)	L digerida média (% MS)	L digerida máxima (% MS)	L digerida mínima (% MS)
<b>Abril 2007</b>	64	64	64	26	27	25
<b>Mai 2007</b>	101,714	192	24	23,8	29	21
<b>Junho 2007</b>	37,05	64	10,8	20,52	22	19,6
<b>Julho 2007</b>	32	42	18	20,25	22	19
<b>Agosto 2007</b>	30	45	10	21	23	20
<b>Setembro 2007</b>	31,3462	42,5	10	19,67	20	19
<b>Outubro 2007</b>	27,5	40	15			
<b>Novembro 2007</b>	26	40	10	20	20	20
<b>Dezembro 2007</b>						
<b>Janeiro 2008</b>						
<b>Fevereiro 2008</b>						
<b>Março 2008</b>						
<b>Abril 2008</b>	35	35	35	15		
<b>Mai 2008</b>	35	35	35	15		
<b>Junho 2008</b>	35	35	35	15		
<b>Julho 2008</b>	35	35	35	15		
<b>Agosto 2008</b>	35	35	35	15		
<b>Setembro 2008</b>	35	35	35	15		
<b>Outubro 2008</b>	35	35	35	15		
<b>Novembro 2008</b>	42	42	42	15		
<b>Dezembro 2008</b>	42	42	42	15		



**Volume de lama desidratada, quantidade de matéria seca produzida, quantidade de polielectrolito gasta na desidratação, cloreto férrico utilizado para a remoção do fósforo e quantidade de cal viva utilizada na higienização das lamas**

<b>Datas</b>	<b>Lama desidratada (m³)</b>	<b>MS (Ton)</b>	<b>Polielectrólito (kg)</b>	<b>Cloreto Férrico (l)</b>	<b>Cal Viva (kg)</b>
<b>Abril 2007</b>	20	5,4	250		
<b>Mai 2007</b>	40	9,5	325		2520
<b>Junho 2007</b>	20	4,3	100		1680
<b>Julho 2007</b>	60	12,4	150		840
<b>Agosto 2007</b>	20	4,1	250	7440	1680
<b>Setembro 2007</b>	60	12,4	125	4320	2310
<b>Outubro 2007</b>	40	8,7	125	1000	1000
<b>Novembro 2007</b>	257	52,9	65	1800	
<b>Dezembro 2007</b>					
<b>Janeiro 2008</b>					
<b>Fevereiro 2008</b>					
<b>Março 2008</b>					
<b>Abril 2008</b>					
<b>Mai 2008</b>					
<b>Junho 2008</b>	20	4,326	25		200
<b>Julho 2008</b>	20	4,12	25	945	1700
<b>Agosto 2008</b>	40	8,24	50	1200	2800
<b>Setembro 2008</b>	40	8,24	25	49	1694
<b>Outubro 2008</b>	40	8,652	25	4,9	1400
<b>Novembro 2008</b>	40	8,24	25	1632	1400
<b>Dezembro 2008</b>	40	12,36	50	4600	1720

**Quantidade de polielectrólito gasta por cada tonelada de MS que é enviada para desidratação**

<b>Datas</b>	<b>Poli. / MS médio (kg/ Ton MS)</b>	<b>Poli. / MS máximo (kg/ Ton MS)</b>	<b>Poli. / MS mínimo (kg/ Ton MS)</b>
<b>Abril 2007</b>	10,8669	13,75	7,98387
<b>Maio 2007</b>	14,808	24,75	6,1875
<b>Junho 2007</b>	11,3638	16,5	2,40741
<b>Julho 2007</b>	35,237	62,9032	14,5202
<b>Agosto 2007</b>	14,8259	20,6207	4,87059
<b>Setembro 2007</b>	7,57594	8,56552	5,64545
<b>Outubro 2007</b>	8,28921	8,56552	8,0129
<b>Novembro 2007</b>	10,8196	13,0737	8,56552
<b>Dezembro 2007</b>			
<b>Janeiro 2008</b>			
<b>Fevereiro 2008</b>			
<b>Março 2008</b>			
<b>Abril 2008</b>	6,28293	6,28293	6,28293

## ANEXO VII – Parâmetros dos indicadores de eficiência

Quantidade de energia gasta, quantidade de lama produzida por m<sup>3</sup> de água tratada, quantidade de polielectrólito gasto por m<sup>3</sup> de água tratada e cal viva gasta por m<sup>3</sup> de água tratada

Datas	Ênergia gasta média (kWh/m <sup>3</sup> )	Ênergia gasta máxima (kWh/m <sup>3</sup> )	Ênergia gasta mínima (kWh/m <sup>3</sup> )	Lama produzida (kg/m <sup>3</sup> )	Polielectrólito gasto (g/m <sup>3</sup> )	Cal Viva gasta (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Abril 2007</b>				0,28	3,45	
<b>Maio 2007</b>				0,40	3,15	0,02
<b>Junho 2007</b>				0,25	1,24	0,02
<b>Julho 2007</b>				0,68	1,67	0,009
<b>Agosto 2007</b>				0,28	3,45	0,023
<b>Setembro 2007</b>				1,40	2,83	0,052
<b>Outubro 2007</b>				0,88	2,67	0,021
<b>Novembro 2007</b>				5,16	1,26	
<b>Dezembro 2007</b>						
<b>Janeiro 2008</b>						
<b>Fevereiro 2008</b>						
<b>Março 2008</b>						
<b>Abril 2008</b>	0,57	0,79	0,42			
<b>Maio 2008</b>	0,46	0,73	0,29			
<b>Junho 2008</b>	0,37	0,45	0,21	0,19	0,23	0,001
<b>Julho 2008</b>	0,47	0,66	0,1	0,16	0,20	0,013
<b>Agosto 2008</b>	0,49	0,73	0,28	0,73	0,88	0,049
<b>Setembro 2008</b>	0,51	1,04	0,22	0,54	0,32	0,022
<b>Outubro 2008</b>	0,43	0,76	0,23	0,53	0,32	0,018
<b>Novembro 2008</b>	0,67			0,89	0,54	0,038
<b>Dezembro 2008</b>	0,63			0,75	0,91	0,038

**Quantidade de cloreto férrico gasta por m3 de água tratada**

<b>Datas</b>	<b>Cloreto férrico (kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Abril 2007</b>	
<b>Mai 2007</b>	
<b>Junho 2007</b>	
<b>Julho 2007</b>	
<b>Agosto 2007</b>	0,150
<b>Setembro 2007</b>	0,143
<b>Outubro 2007</b>	0,031
<b>Novembro 2007</b>	0,051
<b>Dezembro 2007</b>	0,00005
<b>Janeiro 2008</b>	
<b>Fevereiro 2008</b>	
<b>Março 2008</b>	
<b>Abril 2008</b>	
<b>Mai 2008</b>	
<b>Junho 2008</b>	
<b>Julho 2008</b>	0,011
<b>Agosto 2008</b>	0,031
<b>Setembro 2008</b>	0,00093
<b>Outubro 2008</b>	0,000092
<b>Novembro 2008</b>	0,05
<b>Dezembro 2008</b>	0,12